

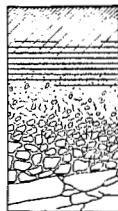
RÉPUBLIQUE DU TCHAD
PRÉSIDENTE DU GOUVERNEMENT
MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE
ET DE L'ÉLEVAGE

P. AUDRY
P. POISOT

NOTICE EXPLICATIVE

**CARTE PÉDOLOGIQUE
DE RECONNAISSANCE AU 1/200.000**

FEUILLE DE NIELLIM



OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE OUTRE-MER



CENTRE DE FORT-LAMY

PARIS - 1969

RÉPUBLIQUE DU TCHAD
MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE
ET DE L'ÉLEVAGE

NOTICE EXPLICATIVE

**CARTE PÉDOLOGIQUE
DE RECONNAISSANCE AU 1/200.000**

FEUILLE DE NIELLIM

P. AUDRY - P. POISOT

Centre O.R.S.T.O.M. de Fort-Lamy
Section de Pédologie

FORT-LAMY

S O M M A I R E

	Pages
INTRODUCTION _____	V
PREMIÈRE PARTIE _____	VII
- SITUATION GÉOGRAPHIQUE _____	3
- LE CLIMAT ET LES PÉDOCLIMATS _____	5
- LES ROCHES MÈRES, LE MODELÉ ET LES MATÉRIAUX ORIGINELS DES SOLS _____	15
- LA VÉGÉTATION ET L'ACTION DE L'HOMME _____	29
DEUXIÈME PARTIE - ÉTUDE DES SOLS _____	33
- CLASSIFICATION DES SOLS _____	35
- ÉTUDE MONOGRAPHIQUE DES SOLS _____	38
I -- Les sols minéraux bruts _____	38
II - Les sols peu évolués _____	39
III - Les vertisols _____	46
IV - Les sols faiblement ferrallitiques _____	50
V - Les sols ferrugineux tropicaux _____	56
1 - Sols Ferrugineux Tropicaux lessivés sans concrétions, sur matériau argilo-sableux dérivé du Continental Terminal _____	58
2 - Sols Ferrugineux Tropicaux lessivés sans concrétions, sur matériau rouge accumulé en piedmont des reliefs résiduels _____	62
3 - Sols Ferrugineux Tropicaux lessivés sans concrétions, famille avec ancienne cuirasse ferrugineuse à faible profondeur _____	63
4 - Sols Ferrugineux Tropicaux lessivés à pseudogley de profondeur _____	67
VI - Les sols halomorphes _____	76
VII- Les sols hydromorphes _____	82
1 - Les sols à hydromorphie de profondeur, lessivés dans les horizons superficiels _____	83
2 - Les sols à hydromorphie d'ensemble _____	85

	Pages
TROISIÈME PARTIE-CONCLUSIONS GÉNÉRALES _____	97
- LES PROCESSUS DE PÉDOGÉNÈSE ET LEUR RÉPARTITION _____	99
- L'UTILISATION DES SOLS _____	105
1 - Conditions générales et particulières du milieu _____	105
2 - Les grandes unités de sol : leur importance relative et leur utilisation actuelle _____	106
3 - Vocations des grandes unités de sols et conditions d'utilisation des sols cultivables _____	107
Bibliographie _____	111

TABLE DES FIGURES

Figure 1 - Localisation de la feuille NIELLIM et état d'avancement de la cartographie pédologique de reconnaissance au 1/200.000 en République du Tchad _____	I
Figure 2 - Données climatologiques : pluviométrie et températures _____	7
Figure 3 - Comparaison de l'évapotranspiration potentielle et de la pluviométrie _____	10
Figure 4 - Répartition des principales unités géomorphologiques et des matériaux originels _____	17
Figure 5 - Texture des matériaux originels _____	20
Figure 6 - Capacité d'échange des matériaux originels _____	22
Figure 7 - Comparaison de la variation verticale du rapport _____	25
et 8 sables fins/sables grossiers et du taux d'argile _____ et	26
Figure 9 - Sols minéraux bruts et sols peu évolués _____	38
Figure 10 - Vertisols hydromorphes _____	47
Figure 11 - Sols faiblement ferrallitiques _____	50
Figure 12 - Sols ferrugineux tropicaux lessivés _____	57
Figure 13 - Sols halomorphes _____	77
Figure 14 - Sols hydromorphes _____	82
Figure 15 - Coupe schématique Nord-Sud à travers les Koros et l'ensemble alluvial ancien _____	91
Figure 16 - Profil NL 83 TCHOUGOU. Sol hydromorphe minéral, à engorgement d'ensemble, à gley de profondeur et solodisation de nappe _____	93

INTRODUCTION

La carte pédologique et la notice de cette feuille Niellim ont été réalisées dans le cadre de la Convention 1199 - FAC 61/62, établie entre la Direction du Service de l'Agriculture du Tchad et l'O.R.S.T.O.M.

La cartographie pédologique de reconnaissance au 1/200 000, entreprise au Tchad depuis plus de dix ans, couvre à présent trois quarts de la partie méridionale agricole du pays ; l'état d'avancement de cette couverture est représenté sur la planche I ; Niellim en constitue la vingt-quatrième feuille.

Les travaux de terrain ont été effectués entre janvier et mai 1964, par P. AUDRY et P. POISOT, sur la base des documents cartographiques de l'I.G.N. : fond topographique au 1/200 000 de la feuille Niellim (NC.33.XII) et couverture photographique aérienne au 1/50 000. Ce dernier document a d'abord permis de choisir des itinéraires représentatifs, et sur ceux-ci, des emplacements de profils pédologiques repérés et situés avec précision (modelé, végétation, etc.). Leur étude a conduit à l'inventaire général des sols et à leur classification en dégagant leurs relations mutuelles. La deuxième phase a consisté à reconnaître sur le terrain l'extension des unités de sols ainsi définies et à reporter les limites recoupées, directement sur photographies aériennes ; d'abord sur les itinéraires principaux, puis sur des itinéraires de complément.

L'extrapolation de ces limites en fonction des observations de terrain a été réalisée par photo-interprétation systématique au Centre O.R.S.T.O.M de Fort-Lamy. Cette opération a été effectuée par Y. GAUTIER, de même qu'ensuite le report à l'échelle du 1/200 000 sur fond topographique. Le dessin définitif de la carte a été réalisé par le Service Cartographique de l'O.R.S.T.O.M.

Au total 130 profils pédologiques ont été observés en détail dont 47 ont été retenus pour analyses, soit 264 échantillons. Les analyses ont été effectuées au Laboratoire du Centre O.R.S.T.O.M. de Fort-Lamy sous la direction de J. CHANUT, à l'exclusion de quelques déterminations spéciales demandées au Laboratoire des Services Scientifiques Centraux de l'O.R.S.T.O.M. à Bondy.

Sur la feuille Niellim, une zone centrée autour de Talia avait déjà fait l'objet d'une étude pédologique avec esquisse cartographique au 1/200 000 (BOUTEYRE 1961) en vue de l'implantation d'un paysannat.

Première Partie

ÉTUDE DU MILIEU NATUREL
ET
DES FACTEURS DE FORMATION
DES SOLS

SITUATION GÉOGRAPHIQUE

La feuille Niellim est comprise entre 9 et 10° de latitude N. et 17 et 18° de longitude E., dans le sud de la partie centrale du Tchad. Elle est plus précisément située dans l'angle est du confluent du Bahr Sara et du Chari, traversée dans son angle nord-est par ce dernier.

Administrativement, la partie nord et nord-est fait partie de la Préfecture du Chari-Baguirmi (sous-préfecture de Bouso), la partie ouest du Logone (sous-préfectures de Lai et Doba), la partie centrale du Moyen-Chari (sous-préfectures de Koumra, et de Fort-Archambault pour une petite enclave centre-est).

Mis à part les pitons rocheux de Niellim (et de Korbol situé sur la bordure extérieure nord de la carte), cette feuille est divisée en deux grands ensembles : les "Koros" ou zone haute du sud avec un relief mollement mais largement vallonné et au nord une région formée d'alluvions complexes anciennes qui ennoient le fond de la Cuvette Tchadienne ; cette zone plus basse est drainée par le Ba Illi de Bouso à l'ouest et le Chari et le Bahr Korbol dans l'angle nord-est.

La région des Koros a une population dense, localisée en gros villages dans les thalwegs et dépressions, les dômes n'étant pas propices à l'installation humaine du fait de leur nappe phréatique trop profonde ; la moitié nord est plus hostile du fait de l'importance des zones temporairement inondées : la population est localisée sur les bourrelets sableux et suivant des axes préférentiels comme la piste Gayam-Dik (Fort-Archambault - Fort-Lamy) correspondant à peu près à la limite des bassins versants du Chari à l'est et du Ba Illi à l'ouest.

LE CLIMAT ET LES PÉDOCLIMATS

I - LES CARACTÉRISTIQUES DU CLIMAT GÉNÉRAL

Goundi représente le seul poste pluviométrique de la feuille Niellim mais les données relatives à Lai, Koumra et Fort-Archambault pour le sud et l'ouest et Bousso pour le nord, permettent de se faire une idée assez précise du climat général et de sa variation sur l'ensemble de la carte.

La pluviométrie moyenne annuelle est supérieure à 1 000 mm. En extrapolant les données du tableau ci-après, on peut estimer schématiquement que la moitié nord de la feuille reçoit environ 1 050 mm et la moitié sud 1 100 mm en moyenne ; en fait, seul est net pour le total annuel, le contraste entre Bousso et l'ensemble des autres stations qui oscillent entre 1 050 et 1 120 mm.

Au point de vue régime, et en utilisant l'indice des saisons pluviométriques d'AUBREVILLE (*) cette différence ressort également puisque pour Lai, Goundi et Koumra, il est 4-3-5, pour Bousso 4-2-6 et pour Fort-Archambault, station la plus arrosée, 5-2-7.

On peut conclure que la feuille Niellim est soumise dans son ensemble à un climat soudano-guinéen d'après la classification d'AUBREVILLE, tandis que Bousso passe au sahélo-soudanais. Ce climat soudano-guinéen est caractérisé par une saison pluvieuse étalée sur 7 mois présentant 4 mois très pluvieux avec maximum d'août.

(*) Groupe de 3 chiffres indiquant dans l'ordre :

- nombre de mois très pluvieux définis par une pluviométrie supérieure à 100 mm
- nombre de mois dits intermédiaires à pluviométrie comprise entre 30 et 100 mm
- nombre de mois secs définis par une pluviométrie inférieure à 30 mm.

PLUVIOMÉTRIE (MOYENNES MENSUELLES ET ANNUELLES EN mm)

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total
Bouso (18 ans)	0	tr	3,4	24,0	66,6	112,2	234,4	309,0	193,2	38,2	3,1	0	984,1
Laf (18 ans)	0	tr	9,7	30,0	93,0	138,6	231,6	263,6	217,5	59,2	19,7	0,7	1063,6
Goundi (9 ans)	0	0,4	14,6	40,2	89,2	122,9	289,6	270,3	225,8	65,3	1,2	0,4	1119,9
Fort- Archambault (17 ans)	0	1,8	8,2	51,8	111,6	148,6	246,2	283,6	215,3	75,8	2,0	0	1144,9
Koumra (18 ans)	0	0,4	8,0	39,4	91,3	121,6	212,2	267,0	203,2	78,9	38,4	0,8	1061,2

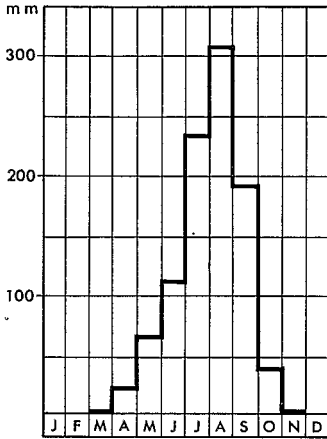
Les températures moyennes annuelles sont pratiquement les mêmes pour Bouso et Fort-Archambault : 27°5, qui représente une valeur élevée. Le régime thermique est double, avec maximum absolu en mars et relatif en octobre-novembre ; minimum absolu en décembre-janvier et relatif en août. Par contre, le moindre contraste du climat soudano-guinéen se traduit par une diminution de l'amplitude moyenne annuelle (15°4 à Bouso et 13°7 à Fort-Archambault), qui correspond pour les valeurs mensuelles et annuelles au double jeu de la baisse du maximum et de l'élévation du minimum.

TEMPÉRATURES (MOYENNES MENSUELLES ET ANNUELLES EN °C)

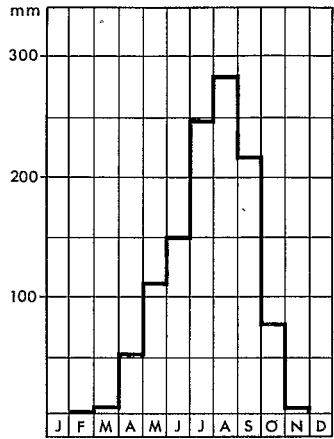
		J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Ann.
Bouso (12 ans)	max	35,9	37,9	40,0	39,5	37,5	34,0	30,8	29,9	31,4	33,7	35,9	35,7	35,2
	min	15,0	17,4	23,1	25,3	24,9	23,1	22,3	21,9	21,9	22,1	18,1	15,0	19,8
	moy	25,4	27,6	31,5	32,4	30,7	28,5	26,5	25,8	26,6	27,9	27,0	25,3	27,5
Fort- Archambault (17 ans)	max	36,5	38,1	39,2	37,9	35,4	32,6	30,5	29,9	31,0	32,9	35,1	35,4	34,5
	min	16,1	18,1	22,7	24,4	23,6	22,1	21,6	21,4	21,5	21,9	19,6	16,3	20,8
	moy	26,3	28,2	31,0	31,2	29,5	27,4	26,1	25,7	26,3	27,4	27,4	25,9	27,7

DONNÉES CLIMATOLOGIQUES

PLUVIOMÉTRIE : MOYENNES MENSUELLES

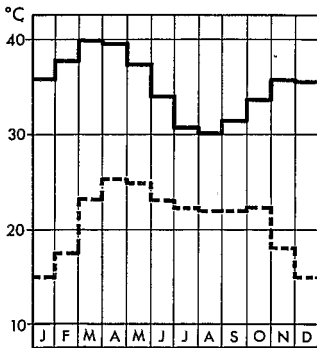


BOUSSO
(18 ans)

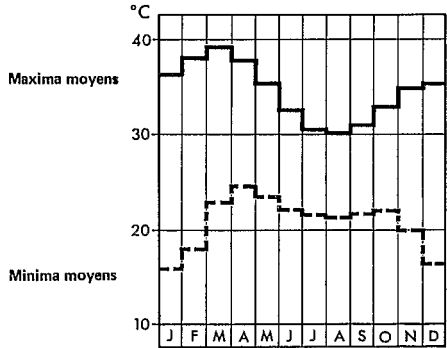


FORT-ARCHAMBAULT
(17 ans)

TEMPÉRATURES : MAXIMA ET MINIMA MOYENS MENSUELS



BOUSSO
(12 ans)



FORT-ARCHAMBAULT
(17 ans)

Fig. 2

Les valeurs moyennes de l'humidité relative moyenne sont également plus amorties à Fort-Archambault avec une moyenne annuelle plus élevée.

HUMIDITÉ RELATIVE (MOYENNES MENSUELLES ET ANNUELLES en %))

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Ann.
Bouso (12 ans)	30,9	25,6	28,2	43,4	55,1	67,9	79,6	84,4	81,8	74,0	54,3	40,6	55,5
Fort-Archambault (16 ans)	36,7	31,3	39,1	53,0	65,1	74,4	82,3	84,5	82,9	76,6	60,0	45,0	60,9

II - LES PÉDOCLIMATS

A - Considérations générales

Du point de vue pédogénèse, il résulte des températures relativement élevées en saison des pluies, des conditions intenses pour l'évolution des sols pendant plus de six mois par an. Ceci est particulièrement important pour le cycle biochimique des matières organiques et l'altération des minéraux.

En fonction du volume annuel des pluies, on doit aussi considérer les phénomènes de lessivage en rapport avec le drainage des sols. Mais il faut faire une différence et considérer séparément les sols bien drainés ou tout simplement drainés et les sols mal drainés.

Dans les premiers, l'eau percole sans gêne soit à travers la totalité du profil - il y a alors drainage et possibilité de lessivage - soit seulement à travers une partie du profil quand il y a un engorgement de profondeur dû à l'imperméabilité des horizons profonds ou à la présence d'une nappe.

Dans les sols mal drainés, l'eau sature la totalité ou la presque totalité du profil pendant des périodes assez longues; il s'agit en général de sols hydromorphes. Ce phénomène peut être dû uniquement à l'imperméabilité du profil à faible profondeur. Mais souvent d'autres facteurs de nature hydrologique s'ajoutent à ce caractère et augmentent les conditions d'hydromorphie; ces sols, généralement en position basse, bénéficient d'apports latéraux; si le modelé est suffisamment plat, l'écoulement devient très lent: les sols peuvent être soumis à des submersions plus ou moins prolongées. Enfin, mais ce n'est pas le cas pour les sols de Niellim, l'inondation peut être provoquée par débordement des fleuves.

B - Les pédoclimats des sols drainés

On peut se faire une idée du régime hydrique des sols drainés en comparant à la pluviométrie une estimation de l'évapotranspiration potentielle (faite ici par la formule de TURC, 1961). Cette comparaison est présentée mensuellement dans la figure 3.

On constate que pour Bousso, l'ETP est inférieure à la pluie pendant moins de 3 mois, pour un total de 386 mm et pour Fort-Archambault pendant un peu plus de 3 mois et pour un total de 405 mm.

On peut par exemple appliquer ces données à deux sols théoriques dont l'un nommé A est susceptible d'emmagasiner à sa capacité au champ et de façon supposée homogène 200 mm de pluie sur une profondeur de 2 mètres (sol sableux) et l'autre B, 600 mm (sol argilo-sableux à argileux). Sachant que sur une période considérée, seul l'excès P-ETP peut percoler à travers une tranche de sol à condition que l'humidité de l'ensemble de cette tranche soit supérieure à la capacité au champ, on obtient les schémas de régime hydrique suivants, en considérant ensemble Bousso et Fort-Archambault.

- Le sol A emmagasine les 200 premiers millimètres de l'excès non consommé pour constituer ses réserves sur les 2 mètres d'épaisseur considérés. Cette phase irait jusque vers le 10 août. L'excès restant (respectivement 186 et 205 mm) draine ensuite dans les niveaux inférieurs à 2 mètres en août et septembre, constituant des réserves profondes ; si les horizons profonds ont les mêmes caractéristiques que les 2 premiers mètres du profil, la couche totale mouillée sera de 4 mètres environ ; s'il existe une nappe à moins de 4 mètres de profondeur, l'excès servira à alimenter la nappe. A partir d'octobre, l'évapotranspiration utilisera le stock d'eau du sol.
- Le sol B également supposé homogène stocke les 400 mm d'excès total P-ETP sur une profondeur de $2 \times 400/600 \approx 1,33$ mètre, profondeur en-dessous de laquelle il ne sera pas mouillé en l'absence d'apport complémentaire d'eau ; ce stock ne sera constitué qu'en fin de saison des pluies et sera alors utilisé et progressivement épuisé par les plantes.

C - Les pédoclimats des sols mal drainés en rapport avec les conditions hydrologiques

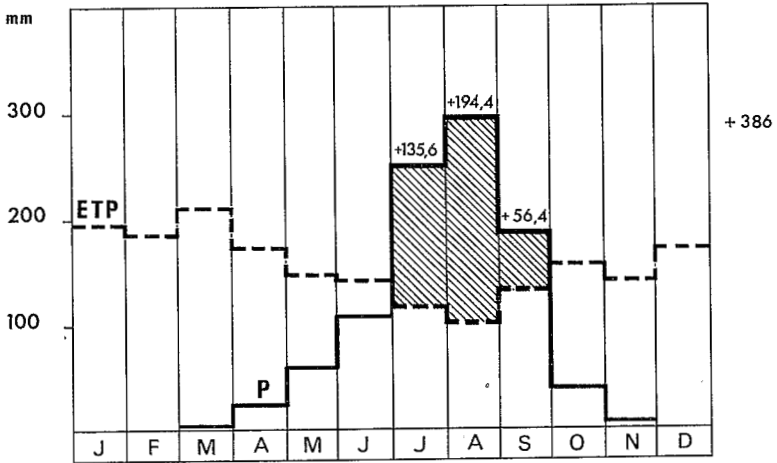
1. LE RÉSEAU HYDROGRAPHIQUE : SES GRANDES UNITÉS ET LEURS CARACTÈRES

La feuille Niellim est drainée par deux axes principaux : Le Ba Illi qui se jette dans le Chari à 30 km environ en aval de Bousso, et le Chari dont on peut distinguer les sous-systèmes du Mandoul au sud et celui du Chari proprement dit. Enfin le Bahr Korbol draine le coin nord-est de la feuille parallèlement au Chari.

COMPARAISON DE L'ÉVAPOTRANSPIRATION POTENTIELLE ET DE LA PLUVIOMÉTRIE

Moyennes mensuelles

BOUSSO



FORT ARCHAMBAULT

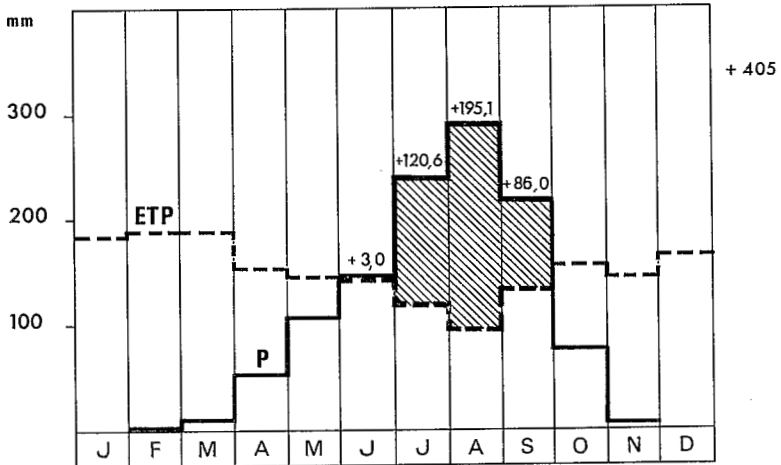


Fig. 3

La limite entre les bassins versants du Ba Illi et du Mandoul passe dans le sud de la carte et suit la ligne de crête des Koros ; vers le nord-est la limite du bassin versant du Ba Illi et de celui du Chari a ceci de particulier qu'elle passe à 2 - 3 km du cours du Chari (tête du Ba Dimlik un peu au nord-est de Kouno). La surface drainée directement par le Chari est en définitive très faible.

Le réseau du Ba Illi est relativement bien hiérarchisé dans son ensemble et son régime est parfaitement indépendant ; constitué au départ par quelques grandes vallées dans les Koros, il draine ensuite la zone beaucoup plus plane des alluvions anciennes où ses axes empruntent des chenaux anciens ; l'écoulement devient lent et les lits majeurs largement inondés ; dans cette zone également se trouvent des mares indépendantes, à inondation d'origine exclusivement pluviale.

Dans la partie nord-est, le Bahr Korbol coule parallèlement au Chari dans un système autonome comparable, extrêmement plat. Son bassin est séparé du cours du Chari par une zone d'alluvions constituée de bourrelets et de plaines basses parallèles, mais la berge franche du Chari ne laisse pas envisager de communication possible entre les deux systèmes. Contrairement au Ba Illi, le Bahr Korbol naît dans cette zone plane d'alluvions qu'il inonde largement ; il rejoint ensuite le Bahr Erguig quelque 50 km au nord-ouest de la limite de la carte. Cette zone comporte aussi des mares indépendantes.

2. LE RÉGIME HYDRIQUE DES SOLS MAL DRAINÉS

Dans les vallées des Koros, où les sols sont en général perméables et les pentes assez fortes, l'eau ne séjourne pas de façon prolongée ; il se produit une série de submersions ne dépassant pas quelques jours de durée, correspondant à des crues successives. Dans le lit de ces vallées, nous avons toutefois observé des nappes phréatiques à moins d'un mètre de profondeur, dans les points bas, au mois de mars.

Dans le réseau du Ba Illi, situé dans la zone d'alluvions anciennes, les lits majeurs, atteignant jusqu'à plusieurs kilomètres de large, sont en général formés d'alluvions imperméables ; dans un premier stade, les sols sont saturés par les eaux pluviales, ce qui provoque en août un régime d'inondation alternatif, correspondant aux crues successives issues en partie des Koros et s'évacuant lentement vers l'aval ; puis par le jeu de compensation des crues individuelles et de la mise en eau de l'ensemble du réseau à écoulement très ralenti, il s'établit une submersion prolongée avec un maximum fin septembre, décalé dans le temps vers le Nord ; à l'exclusion de mares résiduelles, la vidange est totale vers décembre.

Les zones inondables tributaires du Bahr Korbol sont soumises à un régime analogue, mais on a, en fait, peu de renseignements précis sur tous ces régimes.

Enfin dans ces régions, pour les mares qui fonctionnent de façon autonome avec remplissage pluvial ou par ruissellement diffus, la vidange résulte principalement de l'évaporation.

On comprend que le jeu de ces différents mécanismes de mise en eau, de leur retrait et des conditions topographiques locales, détermine toute une gamme de régimes hydriques et de différenciations dans les sols hydromorphes ; dans la cartographie réalisée, nous nous sommes bornés à distinguer :

- Les sols à hydromorphie d'ensemble, tous caractérisés par un gley de profondeur pouvant s'étendre à l'ensemble du profil, ou être surmontés par un pseudo-gley : ce sont tous des sols à hydromorphie totale, temporairement inondés.
- Les sols à pseudo-gley ou gley de profondeur, soumis à des conditions telles de drainage externe et interne, que leurs horizons superficiels sont drainés et lessivés, tandis qu'ils sont temporairement engorgés à faible profondeur.

III - CLIMATS ET ÉROSION DES SOLS

Dans cette zone Soudano-guinéenne, le climat conserve ce caractère tropical d'une pluviométrie concentrée en une seule saison tombant sous forme d'averses ou "tornades" de volume souvent important avec de fortes intensités instantanées. Ceci lui confère une forte agressivité érosive.

Ainsi l'indice $p \times \frac{P}{P}$ (*) de Fournier (1958) est de 97 pour Bouso et de 70 pour Fort-Archambault et le danger d'érosion normale pour cette zone est de l'ordre de 1 500 tonnes/km²/an.

Ce danger d'érosion est heureusement tempéré par la présence de sols perméables dans la zone des Koros où les pentes sont fortes, tandis que la topographie est très plane sur le reste de la feuille.

Toutefois, la dénudation des sols dans la région des Koros s'accompagne toujours d'une érosion pluviale très nette déterminant un glaçage superficiel qui facilite l'érosion par ruissellement en nappe. Ce phénomène qui résulte de la destruction du couvert végétal, des feux de brousse généralisés et de la culture sans retour suffisant à la jachère, joue un rôle important dans la dégradation des sols. On l'observe également dans les mêmes conditions sur les sols ferrugineux tropicaux des zones alluviales et il peut devenir intense sur les bowés en légère pente, et sur certaines surfaces de solonetz solodisé, naturellement très peu couvertes.

(*) p = Pluviométrie du mois le plus arrosé

P = Pluviométrie annuelle

IV - L'EMPREINTE DE CLIMATS ANCIENS

Les sols faiblement ferrallitiques profonds des Koros et leur modelé peuvent être considérés comme formés sous un climat plus humide ; de même le cuirassement observé en particulier sur le glacis du massif de Niellim et correspondant à d'anciens sols ferrugineux tropicaux lessivés à cuirasse, dont l'importance apparaît réduite en tant que phénomène actuel. L'étude de ces différents sols permet d'ailleurs de mettre en évidence la surimposition de caractères actuels aux caractères hérités, conservés dans leur ensemble dans des conditions sensiblement plus sèches.

L'action ancienne de climats plus secs n'est pas douteuse, mais elle est ordinairement masquée par l'effet des processus actuels plus humides.

LES ROCHES MÈRES, LE MODELÉ ET LES MATÉRIAUX ORIGINELS DES SOLS

I - FORMATIONS GÉOLOGIQUES

Les formations géologiques comprennent :

- des pointements résiduels du socle, d'extension réduite,
- essentiellement des sédiments d'âge récent : formation du continental terminal et dépôts fluviolacustres quaternaires.

A - Les massifs résiduels sont limités sur la carte aux pointements granitiques de Niellim ; ils représentent le dernier terme vers le sud d'une série de tels massifs grossièrement alignés jusqu'au-delà de Melfi vers le nord. Il s'agit à Niellim de granites à gros grain, dont on distingue plusieurs types, en particulier par la couleur des feldspaths.

B - Le Continental Terminal se présente sous deux aspects principaux :

- a) - une formation cuirassée, principalement localisée sur les glacis du massif de Niellim, et des Koros,
- b) - une formation gréseuse, ne constituant pas d'affleurements vrais, mais dont sont issus les sols profonds des Koros, et dont dérive en position de glacis et de talweg toute une variété de matériaux colluviaux et alluviaux.

C - Les dépôts fluviolacustres quaternaires

On peut y distinguer (PIAS 1962) :

- un ensemble d'alluvions anciennes, constitué d'un assemblage de buttes sableuses séparant des plaines argileuses temporairement inondées.
- un ensemble récent semblablement constitué de bourrelets et de bras morts inondables, surtout représenté sur la rive droite du Chari.
- des alluvions très récentes, subactuelles et actuelles.

II - LE MODELÉ

A - Le massif de NIELLIM et son piedmont

Le massif proprement dit est fracturé, chaotique. A sa base, sur le piedmont, on observe trois formations :

- localement, après la rupture de pente, des arènes granitiques,
- principalement représentée sur la face est du massif, une accumulation de sables plus ou moins argileux, rouges, dérivant du granite, et dans lesquels on observe en particulier des feldspaths ; cette formation d'extension restreinte attribuable à une altération ancienne, présente localement un modelé ondulé qui pourrait être attribué à un remaniement éolien en rapport avec une phase climatique plus sèche. Ces sables rouges se retrouvent à la limite nord de la feuille, correspondant au piedmont du massif de Korbol situé à l'extérieur de la carte.
- une auréole de cuirassement, ensemble de beaucoup le plus important en extension, descend en pentes douces vers l'est à partir de la cote 400 environ. Elle correspond à une accumulation de sesquioxydes de fer liée à la formation ancienne des sols ferrugineux tropicaux lessivés à concrétions et cuirasses ; on la retrouve jusqu'à une vingtaine de kilomètres du massif, sous forme fragmentaire, entrecoupée de zones basses drainées vers le Ba Illi.

B - Le système des KOROS

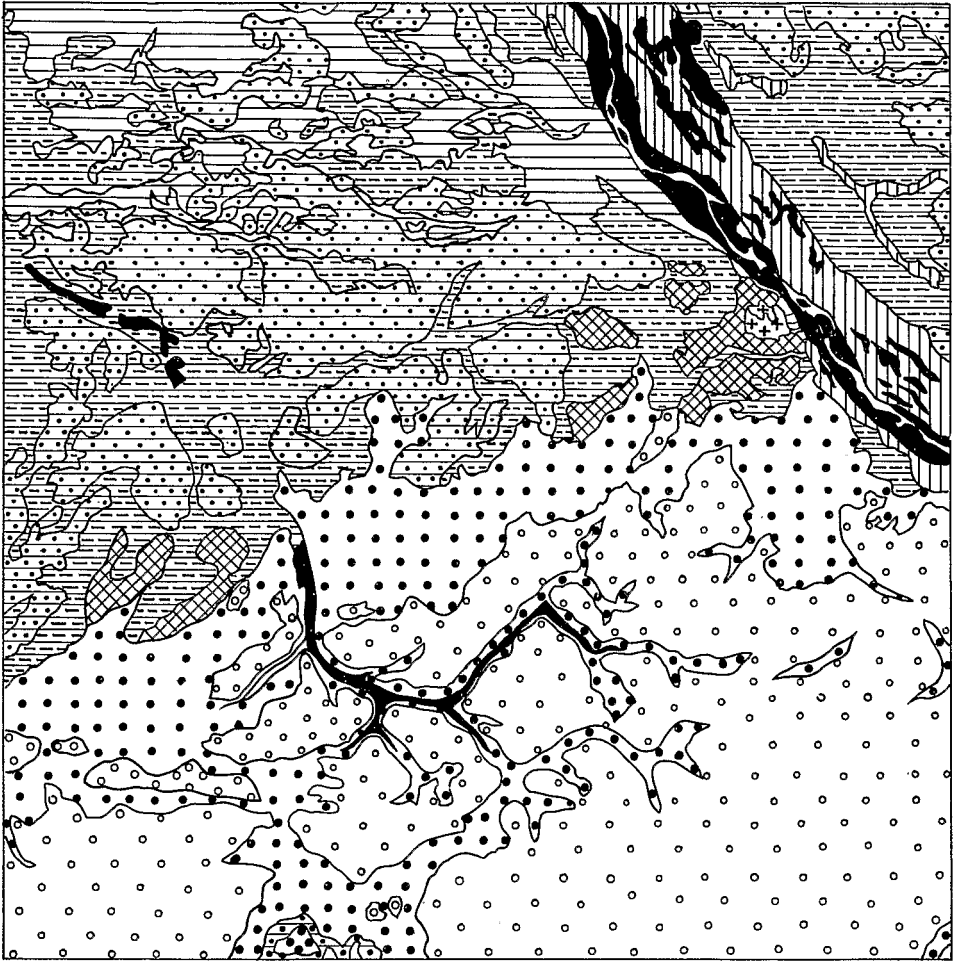
Ces reliefs pourtant amollis de la moitié sud de la carte, tranchent par rapport à l'ensemble alluvial de la moitié nord qu'ils dominent de 50 à 100 mètres.

Il s'agit de dômes convexes découpés par un réseau lâche de talwegs isolant des unités de reliefs secondaires. Les cotes les plus élevées (supérieures à 450 mètres) s'observent dans le sud-ouest de la carte.

Le passage à l'ensemble alluvial de la moitié nord de la feuille, se fait par une sorte de glacis descendant en pentes douces et sur lequel on peut également observer des cuirasses anciennes. Sa base est située vers la cote 345/350 mètres.

La partie centrale des Koros est constituée de sols faiblement ferrallitiques et leur ossature est faite des grès du continental terminal qu'on observe parfois en affleurement sur certaines pentes, formant des paliers. Seuls les talwegs et le glacis, occupés par des sols ferrugineux tropicaux lessivés, représentent les zones habitées, la nappe phréatique étant trop profonde partout ailleurs.

RÉPARTITION DES PRINCIPALES UNITÉS GÉOMORPHOLOGIQUES ET DES MATÉRIAUX ORIGINELS













-  Massif résiduel de Niellim et son piedmont
-  Continental Terminal des Koros.
-  Matériaux dérivés du Continental Terminal : Talwegs et glacis des Koros
-  Alluvions anciennes du Continental Terminal : bas-fond inondés
-  Glacis cuirassé du Continental Terminal
-  Alluvions anciennes
-  Buttes et plaines sableuses exondées
-  Plaines argileuses inondées
-  Alluvions récentes avec plaine argileuse inondée figurée
-  Alluvions subactuelles et actuelles

Figure 4

C - Les zones alluviales :

a) les alluvions anciennes

On doit signaler d'abord dans le système des Koros, la présence d'alluvions dérivées directement du continental terminal. Elles se présentent sous forme de plaines colmatées dans les portions élargies du réseau hydrographique des Koros ; on en observe en particulier un ensemble important tout au sud de la carte entre Mouroungoulaye et Matekaga.

Outre ces zones d'extension réduite, les alluvions anciennes correspondent essentiellement aux ensembles drainés par le Ba Illi et le Bahr Korbol.

On peut y distinguer :

- des formations argileuses parfois argilo-sableuses, de bas-fond, situées en dépression suivant le réseau des lits majeurs et fonctionnant en plaines temporairement inondées. Toutes ces alluvions argileuses sont différenciées en sols hydromorphes.
- des formations sablo-argileuses formant dans cet ensemble alluvial de la moitié nord de la carte, des éminences et buttes, isolant le réseau d'inondation, dont le modelé est très mou, et qui constituent les zones d'implantation humaine.

Le passage et les relations entre ces différents matériaux sont assez complexes mais on peut faire les remarques suivantes :

- on observe un passage progressif entre le matériau sablo-argileux du glacis des Koros considéré comme dérivant directement du continental terminal et les formations sablo-argileuses alluviales. Les unes et les autres portent des sols ferrugineux tropicaux lessivés.
- on observe également un passage continu à l'intérieur de l'ensemble alluvial entre les formations les plus sableuses des buttes et les formations argileuses des dépressions ; cette continuité affecte d'une part les passages latéraux à l'échelle du modelé qui ne met d'ailleurs en jeu que des dénivellées de quelques mètres ; d'autre part, le passage vertical qui s'observe dans le matériau originel des sols sableux à la base des sols ferrugineux tropicaux.

Ces différentes données amènent à considérer une origine commune pour ces divers matériaux, présentant tous une filiation plus ou moins lointaine à partir du continental terminal.

Du point de vue modelé enfin, pour le système du Ba Illi, on note dans la partie sud, au pied des Koros, des formes plus nettes ; il s'ensuit en particulier que les buttes sableuses et les plaines inondées constituent des unités bien individualisées, tandis que vers le nord on a des surfaces de raccordement plus longues, où se produisent en particulier des concentrations de la nappe déterminant des processus d'halomorphie affectant des surfaces plus importantes.

b) Les alluvions récentes gagnent le cours actuel du Chari de part et d'autre mais présentent une plus large extension sur la rive droite où elles atteignent une largeur de 6 à 10 km ; ce système correspond à un modelé resserré, constitué :

- de bourrelets essentiellement sableux différenciés en sols à hydromorphie de profondeur, lessivés en surface avec quelques sols ferrugineux tropicaux,
- de bas-fonds parallèles aux bourrelets, plaines basses argileuses ou bras morts contournés d'un système qui n'est plus fonctionnel, temporairement inondés et différenciés soit en vertisols, soit en sols hydromorphes,
- les surfaces de raccord entre ces deux formes du modelé, de texture intermédiaire et les bourrelets les plus bas, plus limoneux, ceinturant les zones inondables, portent des solonetz solodisés hydromorphes.

c) Les alluvions subactuelles et actuelles

On peut distinguer deux ensembles :

- les alluvions de textures diverses du Chari, allant des proluvions remaniées annuellement, aux alluvions des bourrelets du cours actuel ; on y observe des sols jeunes en général marqués par l'hydromorphie,
- des alluvions limoneuses qui se déposent en langues et lambeaux discontinus dans le cours de certains éléments du système du Ba Illi et qui représentent des dépôts de décantation en eau calme dans des sites préférentiels ; ceci s'observe aussi bien dans certaines vallées importantes des Koros que plus au nord dans les plaines inondables du Ba Illi.

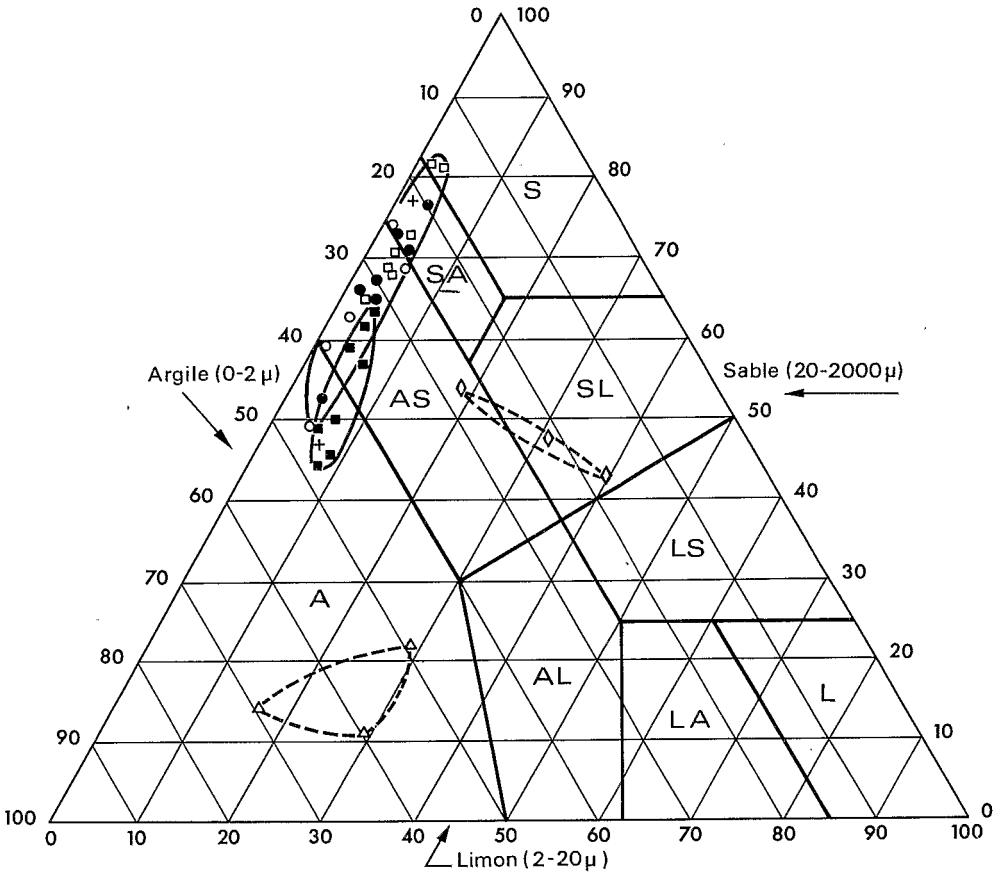
III - LES CARACTÉRISTIQUES DES PRINCIPAUX MATÉRIAUX ORIGINELS

Une représentation graphique des textures de 35 échantillons de matériaux originels (diagramme triangulaire A.I.S.S.), permet de faire les constatations suivantes :

- Les matériaux du continental terminal des Koros, les matériaux dérivés de ce continental terminal, les matériaux rouges accumulés en piedmont de relief résiduel et toutes les alluvions anciennes, forment un nuage unique. Cet ensemble est assez largement étalé quant aux teneurs en argile : 15% à près de 50% ; on constate d'ailleurs que les terminologies texturales attribuées aux matériaux des principales unités géomorphologiques ne sont que des dominantes, les nuages élémentaires se succédant tout en se chevauchant.

La caractéristique principale pour tous ces matériaux originels est leur très faible teneur en limon. Si cette propriété apparaît normale pour toutes les formations du continental terminal ferrallitique et celles qui en dérivent directement, elle souligne pour les formations dites alluviales, un caractère très particulier qui peut indiquer une filiation assez étroite à partir des précédentes.

TEXTURE DES MATÉRIAUX ORIGINELS
Diagramme A. I. S. S.



- Continental terminal des Koros. Sols faiblement ferrallitiques.
- Matériaux dérivés du Continental terminal. Sols ferrugineux tropicaux lessivés et Sols hydromor.
- + Matériau rouge accumulé en piedmont de relief résiduel. Sols ferrugineux tropicaux lessivés.
- Alluvions anciennes sablo-argileuses à argilo-sableuses. Sols ferrugineux trop. less. et hydrom. less.
- Alluvions anciennes argileuses à argilo-sableuses. Sols à gley.
- △ Alluvions récentes argileuses. Vertisols et solonetz solodisés.
- ◇ Recouvrements sablo-limoneux subactuels ou actuels.

Fig. 5

Il est intéressant de noter précisément que dans cet ensemble alluvial, les matériaux plus argileux du réseau de dépressions inondables peuvent être individualisés en une unité à plus forte teneur en limon - jusqu'à 8 ou 10 %, tandis que pratiquement tous les autres en présentent moins de 5 %.

- Les alluvions argileuses récentes sont nettement différentes, avec des teneurs en argile comprises entre 50 et 70 % et des taux en limon compris entre 15 et 30 % ; leur proportion relative de sables grossiers étant par ailleurs faible, elles correspondent à des dépôts en milieu très calme, de type décantation.
- Enfin les recouvrements subactuels et actuels les plus limoneux, forment également un ensemble distinct, finement sablo-argileux, correspondant à un dépôt dans le milieu assez calme des chenaux à écoulement lent des zones inondées, drainées par le Ba Illi.

On a tenté de préciser les caractères de la fraction argileuse des matériaux originels en calculant la capacité d'échange T exprimée en milliéquivalents rapportée à 100 g d'argile, par une représentation graphique de T en fonction du taux d'argile (figure 6). On constate que :

- Les matériaux du continental terminal, dérivés du continental terminal et les matériaux rouges accumulés en piedmont de relief résiduel ont une fraction argileuse dont la capacité d'échange est inférieure à 18 mé. % et n'atteignant fréquemment que 10 mé. %. Ceci semble indiquer une prédominance de kaolinite dans la fraction argileuse.
- Pour la majorité des alluvions anciennes, on a une fraction argileuse avec une capacité d'échange comprise entre 18 et 30 mé. %, indiquant un mélange probable de kaolinite-illite. Toutefois, pour les alluvions sablo-argileuses exondées, on se situe entre 13 et 25 mé. %, tandis que pour les alluvions les plus argileuses, on observe jusqu'à 45 mé. %.

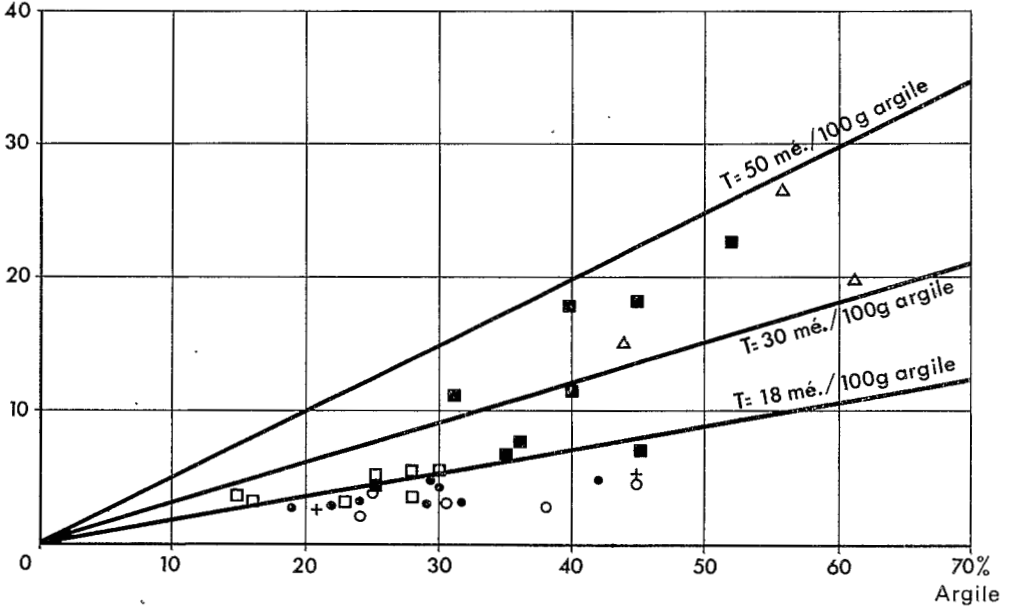
Ceci indiquerait une parenté étroite de ces alluvions avec le continental terminal, très nette pour les formations exondées, tandis que dans les plaines inondées des néosynthèses pourraient avoir donné naissance à une certaine fraction montmorillonitique. A ce sujet, il est intéressant de noter que les valeurs T/A les plus élevées s'observent sur les profils les plus éloignés du glacier des Koros et donc les plus avancés dans la cuvette tchadienne.

- Pour les alluvions argileuses récentes, on observe des argiles dont la capacité d'échange est comprise entre 30 et 50 mé. %, indiquant un mélange probable d'illite-montmorillonite.

On a enfin essayé de caractériser ces matériaux originels auxquels correspondent les grandes unités de sols, par leur fraction sableuse. Morphologiquement, on observe dans les sols faiblement ferrallitiques des sables quartzeux limpides et anguleux ; dans les sols ferrugineux tropicaux sur matériaux dérivés du continental terminal et sur alluvions anciennes, des sables quartzeux émoussés, subanguleux et colorés ; enfin dans les alluvions récentes du Chari, la présence d'éléments micacés indique une origine plus lointaine.

CAPACITÉ D'ÉCHANGE DES MATÉRIAUX ORIGINELS

Capacité d'échange T en mé./100g de sol.



- Continental terminal. (Sols faiblement ferrallitiques.)
- Matériaux dérivés du Continental terminal (Sols ferrugineux tropicaux et hydromorphes).
- + Matériau rouge accumulé en piedmont de relief résiduel (Sols ferrug. tropic. less.)
- Alluvions anciennes sablo-argileuses à argilo-sableuses (Sols ferrug. trop. less.)
- Alluvions anciennes argileuses à argilo-sableuses (Sols à gley.)
- △ Alluvions récentes argileuses (Vertisols et sols halomorphes lessivés).

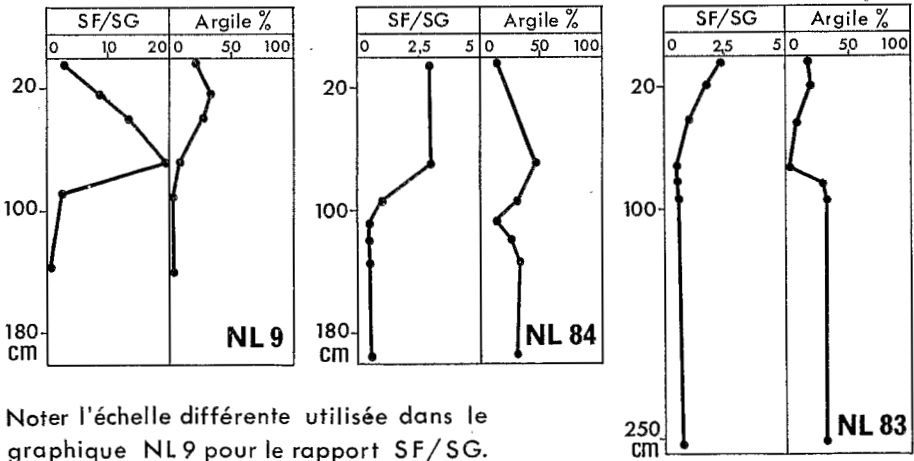
Fig. 6

Pour tenter de caractériser la fraction sableuse du point de vue dimensionnel, on a fait appel à un rapport très simple ; sables fins (0,02 à 0,2 mm) sur sables grossiers (0,2 - 2 mm). Pour les alluvions argileuses récentes et les dépôts subactuels à tendance limoneuse, il apparaît des taux de sables grossiers relativement faibles, compatibles avec les conditions de sédimentation évoquées plus haut. Pour tout l'ensemble des matériaux du continental terminal et dérivés, et des alluvions anciennes, on note des rapports sables fins/sables grossiers ordinairement inférieurs à l'unité, et atteignant souvent 0,3 ; mais la variation verticale de ce rapport pose le problème de l'homogénéité du matériau originel.

Plusieurs cas peuvent se présenter :

1 - Cas simple de la superposition sédimentaire observable sur le terrain

Ci-dessous sont figurées graphiquement pour trois profils de ce type, les variations verticales du rapport SF/SG et du taux d'argile en %.



Noter l'échelle différente utilisée dans le graphique NL 9 pour le rapport SF/SG.

On constate que les variations du rapport SF/SG peuvent être brutales (NL 9) ou progressives (NL 83). Pour ces deux derniers profils, les variations très rapides d'argile au niveau du contact sont en rapport avec une différenciation pédologique de type solodisation, localisée au sommet de l'alluvion argileuse ancienne profonde .

2 - Cas général

Sans qu'on puisse mettre en évidence de superposition sédimentaire, on observe d'une façon très générale une augmentation relative des sables grossiers (diminution du rapport SF/SG) vers la base des profils en même

temps que celle de l'argile. Ceci affecte pratiquement toutes les alluvions anciennes et les matériaux du continental terminal et dérivés (figures 7 et 8). On imagine mal à quel type de sédimentation pourrait correspondre le dépôt des extrêmes granulométriques dans les alluvions, ou quel remaniement pourrait avoir déterminé l'enlèvement en surface de la fraction la plus grossière.

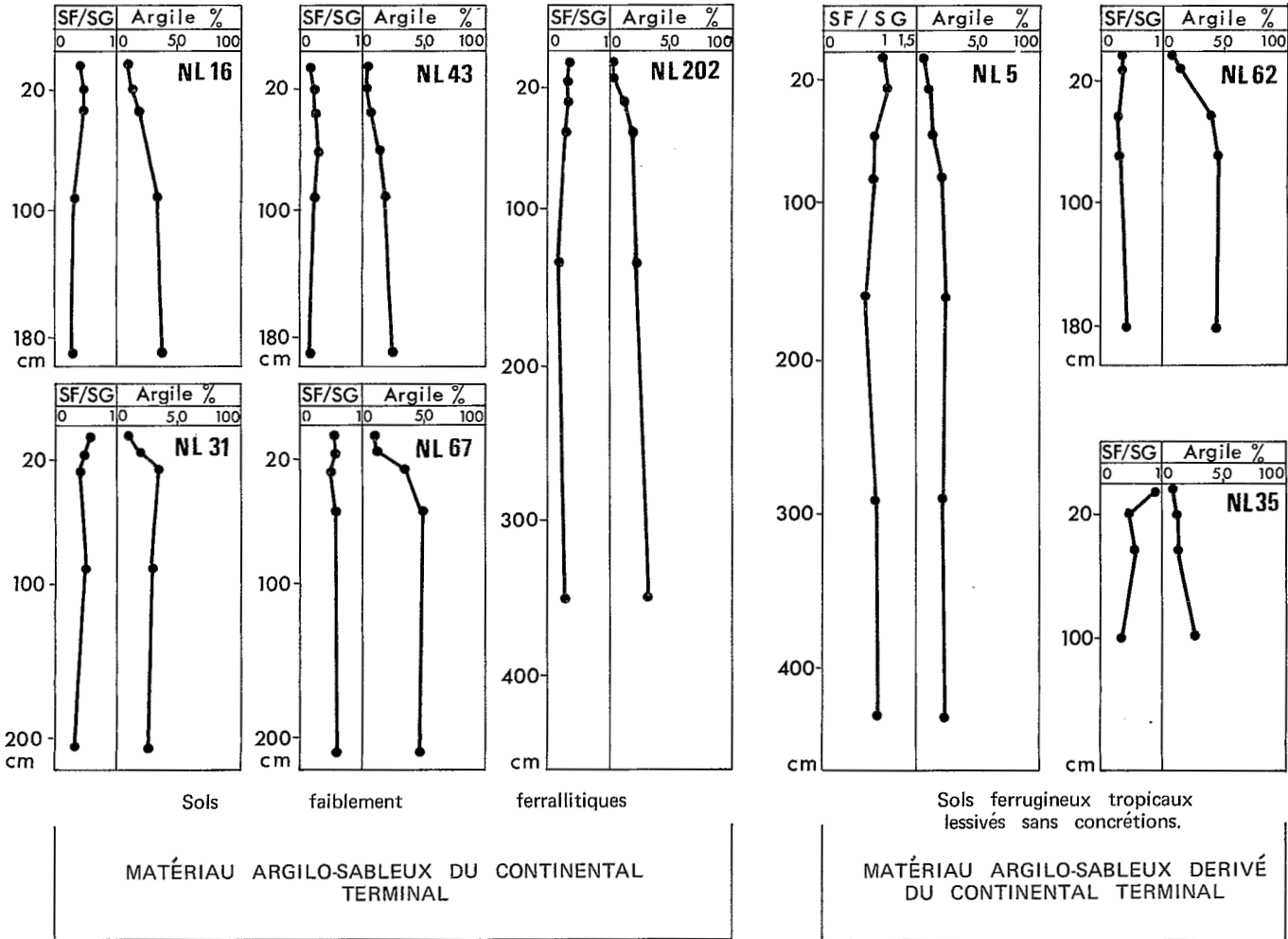
Cette variation verticale n'est peut-être pas un caractère du matériau originel proprement dit, mais en l'absence d'hypothèse explicative valable, elle pose toutefois le problème de l'homogénéité de ce dernier. Comme par ailleurs elle s'observe à peu près systématiquement dans les sols lessivés, il est intéressant de comparer la variation verticale du taux d'argile généralement attribuée au lessivage, à celle du rapport SF/SG.

Cette comparaison a été faite graphiquement (figures 7 et 8) pour tous les sols où se pose le problème du lessivage ; on peut faire les remarques suivantes :

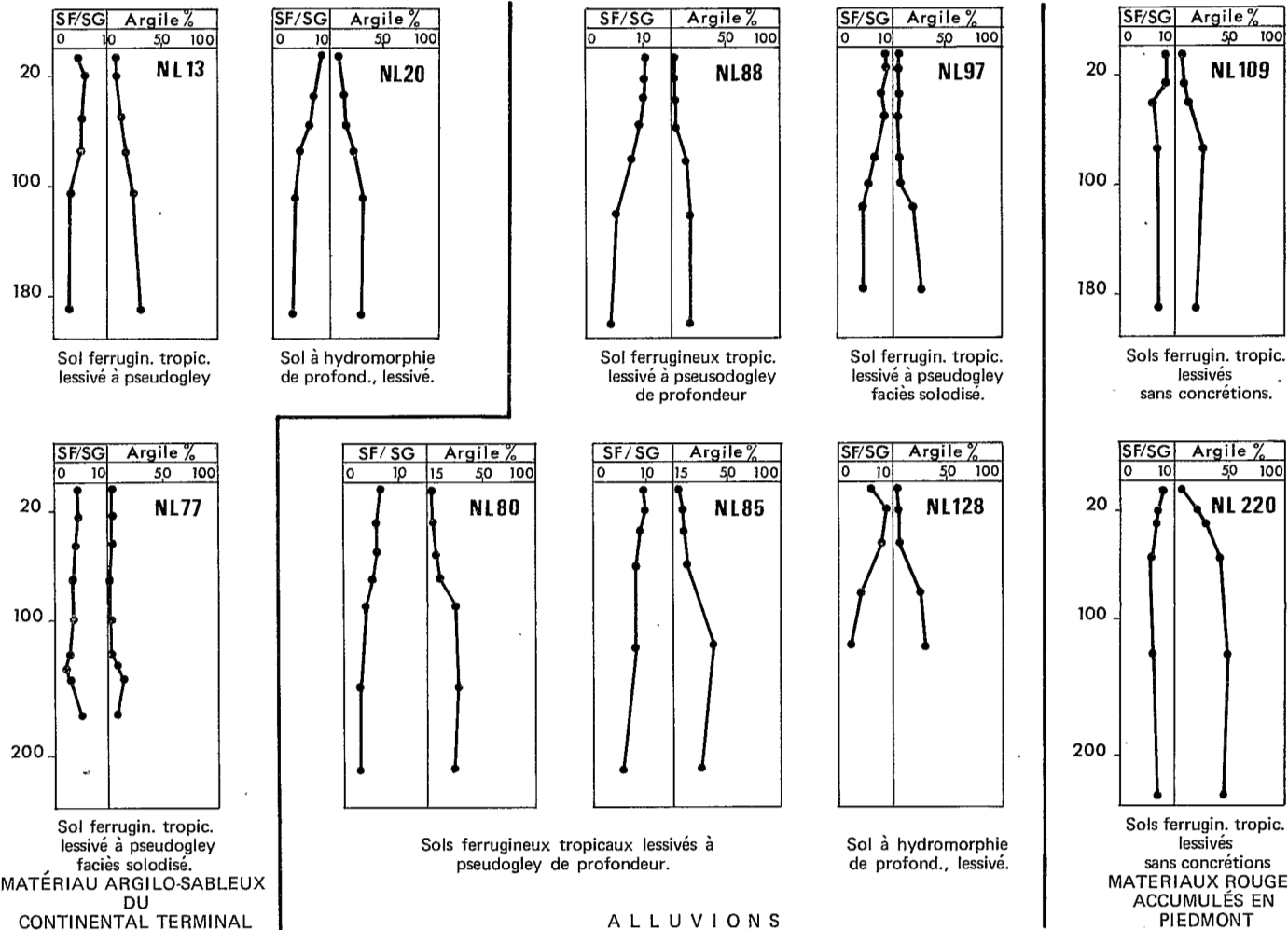
- Hormis les variations tout à fait superficielles du rapport SF/SG, ce dernier décroît de la surface vers la profondeur où il apparaît se stabiliser. Il s'agit le plus souvent d'une variation assez progressive.
- On observe une relation, assez nette dans son ensemble, entre la variation verticale de ce rapport et celle, en sens inverse, de l'argile.
- Toutefois, dans les sols lessivés, certains cas sont nets où on observe un décalage entre les deux courbes de variation : en particulier, l'augmentation de l'argile se situe plus profondément que la variation du rapport SF/SG (NL 5, NL 109, NL 97 en sont les meilleurs exemples). Ceci prouve que même s'il existait à l'origine dans le matériau une courbe texturale telle qu'en surface on ait en même temps une moindre proportion d'argile et de sables grossiers, un lessivage se superpose bien à ce caractère originel.
- Toutefois, il n'est pas douteux que si tel était effectivement le caractère du matériau au départ, ceci pourrait avoir facilité grandement, en conditions de bon drainage, la différenciation des profils pédologiques vers un type lessivé.

3 - L'action possible de différenciation superficielle par des actions biologiques

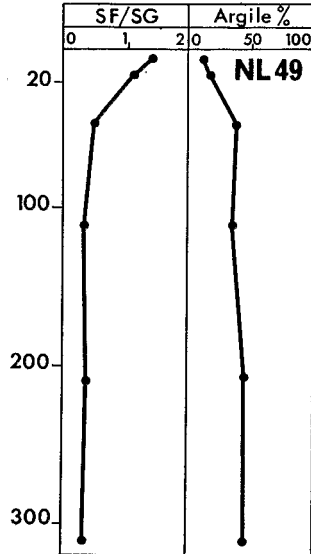
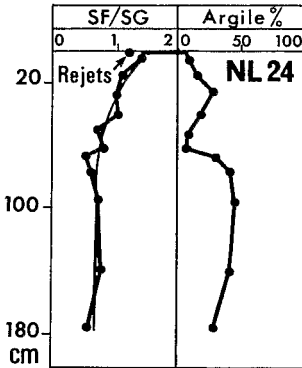
Des observations préalables ont déjà souligné que les vers de terre pouvaient concentrer dans leurs rejets les fractions granulométriques limon et sables fins (BOCQUIER et BARBERY - 1965). Ce facteur pouvant amener des modifications texturales des horizons supérieurs, s'observe principalement dans les sols hydromorphes, souvent temporairement inondés.



COMPARAISON DE LA VARIATION VERTICALE DU RAPPORT SABLES FINS/
SABLES GROSSIERS ET DU TAUX D'ARGILE. (suite)



Ci-dessous sont représentés graphiquement le rapport SF/SG et l'argile en fonction de la profondeur, pour deux profils où on a observé une activité particulièrement importante des vers de terre.



On note en particulier pour NL 24, la similitude entre les rejets et l'horizon superficiel (dans ce profil la diminution d'argile à 60 cm correspond à une solodisation de nappe). Ce type de différenciation biologique s'accompagne évidemment d'une diminution relative de l'argile et on a là un processus conduisant à une variation dans le même sens que celle évoquée précédemment, et pouvant simuler un lessivage au simple vu de la courbe d'argile.

LA VÉGÉTATION ET L'ACTION DE L'HOMME

I - LES PRINCIPALES FORMATIONS VÉGÉTALES

Dans cette région de Niellim qui appartient en totalité à la province botanique boréale des "forêts claires et savanes boisées" (A. AUBREVILLE - 1950 - A. GRONDARD - 1964), on observe le passage et le contact entre les forêts claires et savanes boisées à légumineuses dominantes dans le sud et les mêmes formations à combretacées dans le nord.

Ce passage qui correspond certes au gradient climatique, se situe également autour de la limite des Koros ; ainsi le facteur édaphique apparaît important dans cette région de transition comme d'ailleurs des conditions particulières de sols et d'inondation peuvent aussi déterminer l'existence d'autres formations végétales.

A - Les forêts claires et savanes boisées des Koros, à légumineuses dominantes

On les observe dans les parties centrales des Koros, comme le plateau de Kera, où il n'y a pas de mise en culture ; ces formations à dominance de légumineuses sont en général denses mais basses. Les espèces arborées les plus fréquentes sont : *Prosopis africana*, *Burkea africa*, *Tetrapleura andogensis*, *Isobertinia doka*, avec *Anogeissus leiocarpus* pouvant être très abondant et *Daniellia Oliveri*, *Khaya senegalensis*, *Terminalia laxiflora*, *Azelia africana*; le sous-bois comprend : *Hymenocardia acida*, *Detarium microcarpum*, *Strychnos inocua*, *Parinari curatellaefolia*...

Cette formation végétale correspond aux sols rouges faiblement ferrallitiques profonds et bien drainés.

Localement on observe des dominances très nettes de l'une ou l'autre espèce et en particulier respectivement de : *Isobertinia doka*, *Prosopis africana*, *Burkea africana* et *Anogeissus leiocarpus*, mais les observations pédologiques n'ont pas fait ressortir de différences de sols en fonction de ces dominances.

Sur même sol, nous avons également observé très localement (11 km à l'ouest du carrefour de Gayam, sur la piste de Goundi) des bambusaies - *Oxytenanthera abyssinica* - sans relever de particularité sur le profil observé profondément.

B - Les formations arborées à légumineuses - combretacées ou combretacées dominantes

- Dans les zones cultivées des Koros, dans les talwegs et sur les bordures, on observe des savanes boisées à légumineuses et combretacées. Certaines espèces disparaissent complètement comme *Isoberlinia doka*, tandis que *Parkia biglobosa*, *Prosopis africana*, *Azelia africana*, *Daniella oliveri*, épargnés par le débroussement, dominent souvent ces formations assez basses qui contiennent : *Anogeissus leiocarpus*, *Terminalia avicenioides*, *Khaya senegalensis*, *Butyrospermum parkii*. Les jachères assez récentes sont essentiellement constituées de *Terminalia avicenioides*, *Combretum aff. velutinum*, *Detarium microcarpum*, *Hymenocardia acida*.

Ces formations mixtes correspondent à des sols ferrugineux tropicaux lessivés.

- Sur les glacis cuirassés où la cuirasse est peu profonde et encore sur sols ferrugineux tropicaux lessivés, s'observe une formation analogue floristiquement et physionomiquement, mais comprenant assez souvent des espèces comme *Tamarindus indica*, *Acacia sieberiana*; lorsque la cuirasse devient subaffleurante, on passe souvent à des sols hydromorphes et la strate arborée s'éclaircit - passage local au bowal - ou se concentre en bouquets serrés sur de vieilles termitières avec en plus *Acacia ataxacantha*, *Cissus quadrangularis*...
- Sur les alluvions sablo-argileuses exondées, de la moitié nord de la carte Niellim, la dominance des combretacées devient plus nette. On observe en particulier : *Anogeissus leiocarpus*, *Combretum sp.* et *Terminalia avicenioides* dominants, avec *Khaya senegalensis*, *Sterculia setigera*; les légumineuses sont encore irrégulièrement représentées par *Prosopis africana*, *Parkia biglobosa*, *Tetrapleura andongensis*; dans la strate arbustive, on note *Grewia mollis*, *Lonchocarpus laxiflorus*, *Securidaca longipedunculata* et souvent des *Bauhinia reticulata* abondants en rapport avec la déficience de drainage profond : on a en effet sous ces formations des sols ferrugineux tropicaux lessivés à pseudo-gley de profondeur.
- Une formation assez analogue, mais avec très peu de légumineuses et déjà plus sèche du point de vue floristique, se rencontre sur les bourrelets exondés du système d'alluvions récentes, tandis que sur les sables rouges accumulés en piedmont du massif de Niellim, sur sols ferrugineux tropicaux lessivés bien drainés, on a une savane arborée dégradée à *Sclerocarya birrea*, *Combretum aff. glutinosum* et *Terminalia avicenioides*.

C - Les zones inondables argileuses portent soit des savanes herbeuses sans arbres, soit des forêts claires et savanes boisées très claires fréquemment disposées en bouquets ou flots.

Les savanes herbeuses correspondent à des conditions d'inondation prolongée et s'observent dans les chenaux d'écoulement des plaines inondables. Elles passent progressivement à une savane très claire à *Terminalia macroptera* et *Bauhinia reticulata* avec souvent quelques *Daniellia oliveri* et *Combretum*.

Lorsque cette savane devient moins clairsemée, comme dans le cas des plaines drainées par le Bahr Korbol, dans le nord-est de la carte, on note l'apparition d'*Anogeissus leiocarpus*, *Acacia Caffra* var. *campylacantha*, avec ordinairement, groupés sur de vieilles termitières, des bouquets à *Tamarindus indica*, *Anogeissus leiocarpus*, *Balanites aegyptiaca*.

Cette formation en bouquets se trouve également dans les savanes très claires des plaines inondables où les termitières sont les seuls reliefs, couronnés d'arbres.

Au point de vue pédologique, des phénomènes de solodisation se situent fréquemment en auréoles autour de ces points hauts.

D - Autres formations végétales

Malgré leur extension réduite, on doit signaler deux cas particuliers dans le système alluvial récent et qui correspondent à des formations de type soudanien relativement sec en rapport avec des conditions édaphiques bien précises.

- dans les plaines inondables à vertisols où on observe fréquemment des savanes très claires à *Bauhinia reticulata*, on peut avoir des populations d'*Acacia seyal*, rarement observé dans cette région.
- sur les bordures de ces plaines inondables et sur les bourrelets bas qui leur sont associés et portant des solonetz solodisés, on a une formation arbustive très ouverte, caractérisée par : *Lansea humilis*, *Acacia seyal*, avec *Combretum glutinosum*, *Dichrostachys glomerata*, et des bouquets à *Anogeissus leiocarpus*, *Tamarindus indica*, *Balanites aegyptiaca*, *Boscia senegalensis*.

Ces quelques considérations montrent que la végétation de la feuille pédologique Niellim est floristiquement et physionomiquement variée, qu'elle réagit fortement aux conditions édaphiques et qu'il existe généralement une bonne corrélation entre les formations végétales et les grandes unités de sols.

II - L'ACTION DE L'HOMME

L'action de l'homme correspond à une dégradation de la végétation naturelle, par la mise en culture, par le feu et par l'activité pastorale traditionnelle.

Cette dernière n'est effective que dans la moitié nord de la carte Niellim qui représente la limite vers le sud de la transhumance des grands troupeaux.

Le feu sévit une à deux fois par an sur tout l'ensemble de la carte et même sur les zones les plus inhabitées.

Les cultures sont localisées aux parties basses des Koros - talwegs et bordures - et aux zones exondées des systèmes alluviaux ; il s'agit essentiellement de sols ferrugineux tropicaux lessivés, menés en cultures sèches traditionnelles avec coton, sorgho, arachide, suivis de plantes vivrières comme le manioc, la patate douce... La durée de culture est fréquemment de quatre ans et parfois beaucoup plus, avant le retour à une jachère naturelle qui est elle-même systématiquement brûlée tous les ans. Le sorgho de décrue, deuxième type de culture traditionnelle n'est pratiqué que dans le nord de la carte et plus spécialement sur les vertisols développés sur alluvions récentes du Chari : son extension est en particulier limitée par une décrue trop tardive dans la plupart des zones inondées.

Deuxième Partie

ÉTUDE DES SOLS

CLASSIFICATION DES SOLS

La classification générale des sols utilisée est celle présentée par G. AUBERT au colloque C.C.T.A. de Lovanium en 1963 ; c'est une classification pédogénétique dans laquelle "les sols sont rassemblés en classes et sous-classes" en fonction de leur mode d'évolution et de l'intensité de celle-ci... Les classes et les sous-classes sont subdivisées en "groupes de sols définis par des caractères morphologiques du profil correspondant à des processus d'évolution de ces sols...". Les groupes comprennent en général "plusieurs sous-groupes dont les caractères essentiels des profils sont les mêmes, mais qui sont différenciés d'une catégorie à l'autre, soit par une intensité variable du processus fondamental d'évolution du groupe, soit par la manifestation d'un processus secondaire, indiquée par certains éléments nouveaux du profil... A l'intérieur des sous-groupes sont distinguées des familles de sols en fonction des caractères pétrographiques de la roche-mère ou de leur matériau originel".

Dans cette carte de reconnaissance au 1 / 200 000, les unités pédologiques cartographiées se situent au niveau du sous-groupe et de la famille : la classification régionale est donnée par la légende pédologique de la carte à laquelle s'ajoutent des associations cartographiques.

LÉGENDE PÉDOLOGIQUE

SOLS MINÉRAUX BRUTS

- D'origine non climatique
 - . D'érosion
 - = Sols lithiques
 - + Familles sur granites

SOLS PEU ÉVOLUÉS

- D'origine non climatique
 - . D'apport
 - = Sols peu évolués d'apport (colluvial) modaux
 - + Familles sur arènes granitiques
 - = Sols peu évolués d'apport (alluvial) hydromorphes
 - + Familles sur alluvions limoneuses en surfaces
 - + Familles sur alluvions récentes et actuelles de texture variée.

VERTISOLS

- Vertisols hydromorphes
 - . largement structurés dès la surface
 - = Vertisols à gley de surface
 - + Familles sur alluvions argileuses

SOLS A SESQUIOXYDES FORTEMENT INDIVIDUALISÉS ET A HUMUS A DÉCOMPOSITION RAPIDE

- Sols ferrugineux tropicaux
 - . lessivés
 - = sans concrétions
 - + Familles sur matériaux argilo-sableux dérivés du continental terminal
 - + Familles avec ancienne cuirasse ferrugineuse à faible profondeur
 - + Familles sur matériaux rouges dérivés de granites.
 - = à pseudo-gley profond (Passage local à des sols hydromorphes à pseudo-gley ou gley de profondeur et horizons supérieurs lessivés).
 - + Familles sur matériaux argilo-sableux dérivés du continental terminal et sur alluvions argilo-sableuses à sablo-argileuses.
- Sols ferrallitiques
 - . faiblement ferrallitiques
 - = modaux (très souvent dégradés)
 - + Familles sur matériaux argilo-sableux du continental terminal.

SOLS HALOMORPHES

- à structure modifiée
 - . lessivés à alcalis
 - = Solonetz solodisés hydromorphes
 - + Familles sur alluvions argileuses à argilo-sableuses.

SOLS HYDROMORPHES

- minéraux
 - . Sols à hydromorphie d'ensemble
 - = Sols à gley (localement avec halomorphie de nappe)
 - + Familles sur matériaux argilo-sableux à argileux, alluviaux ou dérivés du continental terminal.
 - . Sols à hydromorphie de profondeur
 - = Sols à pseudo-gley ou gley de profondeur, lessivés en argile dans les horizons supérieurs
 - + Familles sur alluvions argilo-sableuses à sablo-argileuses.

ASSOCIATIONS CARTOGRAPHIQUES

- Association de sols ferrugineux tropicaux lessivés à pseudo-gley profond et de sols à hydromorphie de profondeur lessivés dans les horizons supérieurs.
 - + Familles sur alluvions argilo-sableuses à sablo-argileuses.

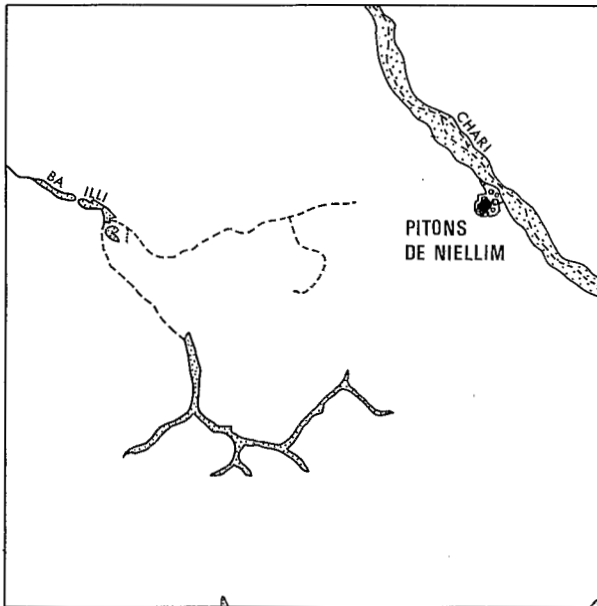
- Association de solonetz solodisés hydromorphes, vertisols hydromorphes et sols à hydromorphie de profondeur lessivés dans les horizons supérieurs
 - + Familles sur alluvions

- Association de solonetz solodisés hydromorphes et de sols à hydromorphie d'ensemble
 - + Familles sur alluvions argileuses à argilo-sableuses.

ÉTUDE MONOGRAPHIQUE DES SOLS

1 - SOLS MINÉRAUX BRUTS

SOLS MINÉRAUX BRUTS ET SOLS PEU ÉVOLUÉS



- Sols minéraux bruts: sols lithiques (granites)
- ◻ Sols peu évolués d'apport sur arènes granitiques
- ◻ Sols peu évolués d'apport hydromorphes sur alluvions

Fig. 9

Les sols minéraux bruts sont réduits aux seuls affleurements rocheux constituant les pitons résiduels de Niellim. Il s'agit de sols lithiques d'érosion d'origine non climatique, représentant au total moins de 0,1 % de la totalité de la feuille en surface.

Du point de vue pétrographique, on a affaire à des granites à texture grossière dont on distingue nettement deux types principaux à l'observation rapide de terrain : l'un à gros feldspaths roses, l'autre à gros feldspaths blancs.

Remarque : On n'observe pratiquement pas sur la feuille de Niellim de sols minéraux bruts d'apports alluviaux et proluviaux comme dans les régions plus sèches. Même dans les zones de divagation du Chari par exemple, où les dépôts et remaniements sont tout à fait actuels, les profils sont marqués par des empreintes d'hydromorphie.

II - SOLS PEU ÉVOLUÉS

Ce sont des sols peu évolués d'apport et donc d'origine non climatique ; en fonction du mode de mise en place du matériau, on peut distinguer :

- des sols d'apport colluvial, sur arènes granitiques, localisés au pied du massif de Niellim et ne représentant que 0,1 % de la surface de la feuille,
- des sols d'apport alluvial, développés sur les alluvions fluviatiles récentes à actuelles, et dont il a été cartographié 24 000 ha environ, soit 2 % de la surface de la feuille.

Les conditions de sédimentation propres au Chari d'une part, et au système du Ba Illi d'autre part, permettent de distinguer pour ces ensembles diverses familles en fonction de la texture des alluvions.

A - Sols peu Évolués d'apport, modaux, sur arènes granitiques

Il s'agit d'accumulation, en position de piedmont, des éléments de la désagrégation des granites, pouvant atteindre plusieurs mètres d'épaisseur ; les éléments grossiers supérieurs à 2 mm dépassent ordinairement 50 % de la terre totale.

La variation verticale des proportions relatives des différentes fractions granulométriques montre des discontinuités en rapport avec le mode de mise en place du matériau. Les éléments grossiers - essentiellement quartz et feldspaths - sont emballés dans une matrice allant de sableuse à argilo-sableuse, dont la couleur rouge - dans certains niveaux, parallèlement à la présence possible dans ces niveaux de blocs de cuirasse (NL 108 Niellim) permet de conclure que ces produits proviennent aussi en partie du démantèlement de formations pédologiques anciennes.

Du point de vue morphologique, l'évolution et la différenciation du profil est faible, mais on note :

- un horizon humifère assez épais (20 cm)
- des mouvements d'argile, sans revêtements très nets, mais exprimés sous forme de pellicules autour des éléments grossiers, qui permettent de conclure à un faciès d'évolution ferrugineux tropical lessivé sans horizons encore nettement différenciés.
- à la base du profil, l'apparition de petites taches indique un drainage limité, la partie supérieure du profil étant par ailleurs très perméable.

Les analyses confirment ces données et montrent en particulier un taux de matière organique voisin de 1 % en surface, tandis que le complexe absorbant est saturé à 70 - 80 % et les pH compris entre 6,0 et 6,6 sur tout le profil ; toutefois la légère augmentation de la saturation et du pH à partir de 80 cm de profondeur, corrélative de l'acidification en-dessous de l'horizon humifère, indique l'amorce du lessivage.

Ces sols sont fréquemment cultivés en sorgho. Ils présentent certes l'avantage d'être bien pourvus en phosphore et potasse du fait de la présence dans le profil de minéraux en cours d'altération, mais ils accusent le double inconvénient, plus ou moins lié à leur texture grossière défavorable :

- d'être fragiles ; comme ils sont en plus situés sur des pentes non négligeables, ils sont très sensibles à l'érosion ; en conséquence ces sols sont ordinairement cultivés en billons,
- d'avoir une faible capacité de rétention pour l'eau et donc un profil hydrique défavorable en cas de sécheresse un peu prolongée.

En définitive, malgré des réserves chimiques correctes, ces sols ne peuvent avoir qu'un potentiel très limité.

B - Sols peu Évolués d'apport, hydromorphes, sur alluvions

La faible évolution des profils de ces sols peu évolués d'apport se manifeste par la prédominance des caractères liés au dépôt alluvial (litage, stratification) sur les caractères acquis par l'action de processus pédogénétiques qui peuvent toutefois se manifester. Tel est d'ailleurs le cas, tous les profils observés étant marqués par des phénomènes d'hydromorphie ; ceux-ci apparaissent préférentiellement dans certains niveaux de texture définie, limitant le drainage interne ; l'expression de l'hydromorphie, qu'elle soit due à un simple engorgement ou à des actions de nappe, est elle-même différente en fonction de la texture de l'alluvion ; on observe le plus souvent :

- des gley de surface dans les alluvions limoneuses à argileuses, temporairement inondées
- des pseudo-gley dans les niveaux sableux
- des gley dans les niveaux argileux profonds, parfois des caractères vertiques (NL 100 Niou).

1. FAMILLES SUR ALLUVIONS LIMONEUSES EN SURFACE

a) Morphologie

Profil NL 84 Tchourgou

- Piste Goundi-Tchourgou, 2,5 km avant Tchourgou, dans une grande plaine inondable du système du Ba Illi, allongée E-W et drainée par le Bahr Koudjik ; le profil est situé à 25 m du Bahr.
- Savane arborée très claire, à *Butyrospermum parkii*, *Terminalia macroptera*, *Bauhinia reticulata*, avec *Daniellia oliveri*, des *Combretum* et des *Gardenia*.
- Présence de quelques rejets de vers de terre et de termitières champignons ; la surface présente une croûte peu épaisse, fendillée suivant un réseau serré.

0 à 10 cm : Horizon fortement humifère, à gley peu développé ; gris (10 YR 5/1, 5 ; 3/2 humide) faiblement taché de jaune-rouge, distinct et net, suivant des pores racinaires ; finement limoneux ; structure polyédrique fine à grumeleuse, fortement développée, en rapport avec un chevelu racinaire fin extrêmement dense ; peu dur ; assez poreux, de type tubulaire. Passage tranché et régulier à :

10 à 19 cm : Horizon encore humifère et engorgé ; brun-gris (10 YR 5/2, 5 ; 3,5/3 humide), un peu plus densément taché de jaune-rouge frappant et net, dans les pores racinaires ; même texture ; structure polyédrique moyenne à grossière, moyennement développée ; peu dur ; peu poreux, de type tubulaire ; le chevelu, encore dense, diminue et passe à un enracinement moins abondant, vertical. Passage tranché et régulier à :

19 à 40 cm : Horizon de pseudo-gley peu développé ; gris (10 YR 5/1 ; 3/1 humide) avec des taches jaune-rouge assez nombreuses, petites, vagues et diffuses dispersées dans la masse ; finement sablo-limoneux ; radicelles verticales assez nombreuses et bien ramifiées. Passage tranché et régulier à :

40 à 87 cm : Horizon sans trace d'engorgement ; gris-brun clair (10 YR 6/2 ; 3,5/2 humide), homogène ; argileux, sans fraction grossière ; structure polyédrique moyenne à grossière, moyennement développée, à sous-structure polyédrique fine ; peu dur ; peu poreux, de type tubulaire fin et moyen ; radicelles verticales peu nombreuses et peu ramifiées. Passage distinct et régulier à :

87 à 100 cm : Horizon engorgé par action de nappe ; brun-gris (10 YR 5/2 ; 4/2 humide) avec quelques taches jaune-rouge, nettes et frappantes, moyennes à très petites et avec un réseau vague et fin, de remplissages biologiques sableux, gris ou brun plus foncé, parfois jaune-brun ; argilo-sableux ; même structure mais passant à dur ; faiblement poreux de type tubulaire fin. Passage tranché et ondulé à :

Une alluvion argileuse à sables grossiers, par ailleurs différenciée en gley à partir de 125 et présentant une solodisation de nappe à son sommet.

On observe nettement une superposition d'alluvions dans ce profil :

- de 0 à 87 cm un ensemble caractérisé par l'absence presque totale de sables grossiers (6 % au maximum), avec un rapport sables fins sur sables grossiers (SF/SG) égal à 3, et un rapport limons grossiers sur sables grossiers (LG/SG) égal à 2. Du sommet vers la base de cet ensemble, on observe l'augmentation progressive de l'argile au détriment des autres fractions et plus spécialement des limons dominant en surface.
- au-delà de 100 cm, une alluvion argilo-sableuse, caractérisée par un rapport SF/SG = 1/2 ; dans 87-100, on a une rapide transition avec un rapport SF/SG = 1,3. Le sol peu évolué est développé sur le premier ensemble, caractérisé par un gley de surface lié à la submersion temporaire, l'hydromorphie décroissant vers la base.

b) Répartition - Variations et relation avec les sols hydromorphes

Cette phase sédimentaire finement sableuse à limoneuse, caractérisée par son taux très faible de sables grossiers toujours inférieur au taux de sables fins est exclusivement limitée au système du Ba Illi ; on la trouve jusque dans les vallées majeures des marigots les plus importants entaillant les Koros, où elle a été cartographiée. Dans la moitié nord de la feuille, où les écoulements sont organisés de façon plus confuse en des chenaux compliqués au milieu de plaines inondables, cette formation se termine latéralement en biseau sur les argiles de ces plaines, suivant une disposition moins nette ; la cartographie s'est bornée à en représenter quelques lambeaux de façon restrictive et schématique.

Un problème de classification se pose d'ailleurs dès qu'on considère les variations autour du type décrit :

Lorsque l'épaisseur du recouvrement fin diminue, la terminologie adoptée n'est plus justifiée : le niveau d'engorgement par la nappe de profondeur remonte dans le profil et il n'y a plus de discontinuité nette comme dans le profil étudié : on passe à des sols hydromorphes sur alluvion complexe.

Dans ce domaine on observe deux cas :

- 1° - même superposition que dans le profil décrit (voir NL 83 Tchourgou) avec remontée de l'hydromorphie de profondeur et du niveau de solodisation.
- 2° - l'alluvion limoneuse repose sur un niveau sableux blanchi dans lequel on observe la nappe vers 1,50 mètre de profondeur à l'étiage ; les analyses montrent qu'il s'agit là d'un niveau solodisé et que la solodisation et le lessivage remontent dans le niveau d'alluvion superficielle pauvre en sables grossiers (NL 9 - Goundi).

c) Caractérisation analytique et aptitudes culturales

Dans le cas des recouvrements fins épais, ces sols sont essentiellement caractérisés par des taux de matière organique considérables, atteignant 7,5 % en surface, avec des C/N relativement peu élevés. Bien que faiblement saturés (30 à 40 %), la somme des bases échangeables dépasse 10 mé. % et les taux de potasse sont corrects, tandis que les réserves en acide phosphorique sont relativement élevées (0,6 ‰). L'immobilisation du fer dans le gley de surface est nette.

Avec leur pH superficiel compris entre 5,5 et 6 et leur texture fine, ces sols ont une vocation rizicole certaine, mise à part la difficulté d'obtenir la maîtrise de l'eau indispensable. L'apparition d'horizons sableux lessivés peu profonds (NL 9 Goundi) limite très vite le potentiel de tels sols.

En l'absence d'aménagement hydraulique pour le riz et en dehors de cultures vivrières et maraîchères de décrue ou irriguées de type artisanal, ces surfaces de savanes herbeuses avec quelques arbres, constituent des pâturages de saison sèche qui mériteraient d'être protégés du feu.

2. FAMILLES SUR ALLUVIONS RÉCENTES ET ACTUELLES DE TEXTURE VARIÉE

Cette catégorie de sols peu évolués d'apport, hydromorphes, est essentiellement localisée dans la vallée du Chari.

a) Morphologie

Profil NL 103 Niou

- Situation : 1,5 km au N-W de Niou, en bordure du Chari, dans sa zone de divagation.
- Savane arborée extrêmement claire, où les quelques arbres, *Combretum* et *Terminalia avicenioides* sont localisés sur les petites buttes.
- On note l'absence totale d'activité biologique visible, mais la présence d'une forte croûte superficielle, localement craquelée.

- 0 à 17 cm : Horizon humifère, à gley ; gris (10 YR 5/1 ; 3/1 humide), avec des taches brun-vif (7,5 YR 5/6), très fines, nettes et frappantes, tapissant les pores des racines, et quelques autres de même couleur, moins abondantes, étendues sur des faces structurales ; argilo-sableux, micacé ; structure cubique moyenne à grossière, bien développée, à éléments jointifs ; extrêmement dur et donnant à la cassure des débits cubiques peu poreux, avec seulement quelques pores tubulaires liés aux racines ; chevelu racinaire moyennement dense, régulier, réparti, sans orientation préférentielle. Passage tranché et régulier à :
- 17 à 24 cm : Horizon de pseudo-gley ; brun-clair (10 YR 6/3 ; 5/4 humide) à taches moyennes de formes mamelonnées, plaquées sur des plans de stratification, brun-vif (7,5 YR 5/6), frappantes, mais assez vagues ; finement sablo-limoneux ; structure cubique fine à polyédrique grossière, faiblement développée ; dur ; peu poreux, tubulaire fin ; même enracinement. Passage tranché et régulier à :
- 24 à 37 cm : Pseudo-gley dans une alluvion sableuse ; brun-jaune (10 YR 6/4 ; 5/5 humide), bariolée de brun-jaune (jusqu'à 10 YR 5/8), suivant un modèle moyen, distinct, assez net ; structure massive à tendance polyédrique moyenne ; peu dur ; très peu poreux ; enracinement moyennement dense. Passage distinct à :
- 37 à 46 cm : Pseudo-gley dans une alluvion nettement stratifiée, constituée d'alternance de sables plus ou moins grossiers ; brun très pâle (10 YR 7/3 ; 5/4 humide), avec des taches assez abondantes, brun foncé (10 YR 3/3), distinctes, assez nettes, souvent zonées ; structure massive ; peu dur ; peu poreux, tubulaire ; même enracinement. Passage distinct et régulier à :
- 46 à 80 cm : Alluvion sableuse, toujours micacée, brun-jaune clair (10 YR 6/4 ; 5/4 humide), avec seulement quelques taches vagues et diffuses brun-jaune un peu plus vif ; structure massive à tendance polyédrique moyenne ; peu dur ; non poreux ; quelques radicules ramifiées. Passage par un petit niveau de 5 à 6 cm sableux plus grossier à graveleux à :
- 86 à 122 cm : Alluvion à stratification subhorizontale constituée d'une alternance de lits fins de 2 à 5 mm d'épaisseur, brun clair (10 YR 6,5/3 ; 6/4 humide), avec des lits plus foncés ; ensemble sableux. Passage par un petit niveau graveleux à :
- 122 observé jusqu'à 190 cm. Alluvion à stratification entrecroisée, nette allant jusqu'à 30° d'inclinaison ; alternance de sables fins et sables grossiers légèrement graveleux, toujours micacée.

Ce profil présente des caractères absolument typiques d'un sol peu évolué d'apport :

- la stratification est extrêmement nette, mais on note toutefois l'importance des marques de l'hydromorphie,
- on n'observe aucune autre tendance évolutive que l'hydromorphie et celle-ci s'exprime différemment dans chaque strate en fonction des caractères propres de chacune d'elles.

b) Variations et extension

Le type de sol décrit ne se rencontre pratiquement que dans la zone d'alluvionnement et de remaniement actuel par le Chari.

En s'éloignant du fleuve, on observe pourtant des sols peu évolués d'apport, sur une largeur excédant rarement 3 ou 4 kilomètres, toujours développés sur des alluvions micacées, mais pouvant présenter diverses tendances évolutives.

Les stratifications sont en général moins nettes ; on observe plutôt des superpositions d'alluvions différentes, d'épaisseurs plus importantes mais de caractères plus homogènes, et qui correspondent à des phases successives de sédimentation récente. L'hydromorphie est toujours le processus qui tend à marquer ces profils suivant des modalités fonction de la nature même du sédiment et de leur situation dans le modelé alluvial.

c) Caractérisation analytique et aptitudes

La variété de ces sols peu évolués d'apport est telle qu'on ne peut formuler à leur sujet de caractères analytiques moyens. Ils n'en présentent pas moins un certain nombre de points communs et en particulier :

- les taux de matières organiques sont assez élevés,
- les profils sont assez proches de la saturation et les pH compris entre 6 et 7,
- en rapport avec la présence dans le matériau peu évolué de minéraux non altérés, les réserves minérales sont en général bonnes, le phosphore total est à un niveau moyen et la potasse échangeable également.

On a donc affaire à des sols bien équilibrés et leurs réserves minérales en valeur absolue varient directement avec la proportion d'argile.

Ce facteur textural représente d'ailleurs le mode de diversification essentiel, et détermine avec les conditions de drainage et l'intensité de l'hydromorphie, diverses classes possibles d'utilisation :

- Les sols temporairement inondés de la zone de remaniement actuel sont de faible intérêt, sinon lors de la décrue pour des cultures maraichères avec irrigation d'appoint.
- Les sols argileux inondés, à forte capacité de rétention pour l'eau, conviennent bien au sorgho de décrue, éventuellement au maïs.
- Les sols sableux bien drainés en surface peuvent être cultivés en arachide, sorgho et pénicillaire.
- Enfin les zones sablo-limoneuses à argilo-sableuses, à bonne rétention d'eau et à condition de ne pas présenter de phénomènes d'engorgement à moins de 50 - 60 cm de profondeur, conviennent au coton.

Dans tout cet ensemble, peu important en extension, la culture maraichère pourrait être largement développée. Les cultures fruitières - mangues, goyaves, agrumes - pourraient l'être également en choisissant des positions assez hautes et bien drainées; les sols convenant le mieux à cette dernière exploitation sont en effet ceux à texture moyenne et bien drainés sur leur profil; la présence d'une nappe peu profonde à la base du profil est par ailleurs très favorable, permettant l'irrigation d'appoint sur les jeunes plants.

III - VERTISOLS

Les vertisols se définissent comme des sols "à couleur foncée relativement à leur texture et à structure prismatique ou polyédrique large et grossière accompagnée d'une macroporosité extrêmement faible des blocs, sur au moins la moitié du profil".

Ces sols présentent en général de fortes teneurs en argile, ordinairement gonflante, qui est à l'origine des mouvements mécaniques caractérisant les profils.

On distingue deux sous-classes dans les vertisols, suivant que le pédoclimat est seulement temporairement humide (vertisols lithomorphes) ou au contraire humide pendant de longues périodes (vertisols hydromorphes).

Les sous-groupes sont définis par la présence ou l'absence d'un horizon superficiel à structure fine et aux niveaux plus détaillés de la classification, on retient entre autres caractères, les manifestations de l'hydromorphie.

Les vertisols n'ont qu'une extension restreinte sur la feuille de Niellim (0,5 % en unité pure) où ils sont localisés sur les alluvions argileuses du Chari, développées sur sa rive droite. Ce sont tous des vertisols hydromorphes largement structurés dès la surface, soumis à de longues inondations qui déterminent ordinairement un gley de surface plus ou moins prononcé; leur situation correspond en effet à d'anciens cours, bras morts ou plaines basses, fonctionnant en mares temporaires.

VERTISOLS HYDROMORPHES

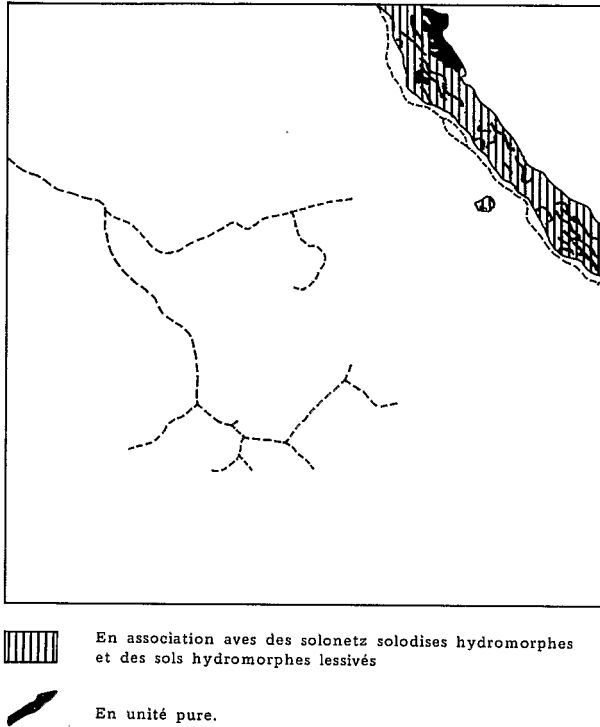


Fig. 10

a) Morphologie

Profil NL 104 Niou

- Situé 7,5 km au N-N-W de Niou, en bordure de la piste de Korbol, dans un bras mort fonctionnant en mare temporaire.
- Savane arbustive très claire à *Acacia seyal* et *Bauhinia reticulata*.
- Microrelief gilgai faible et irrégulier (amplitude 10 cm) avec quelques effondrements ne dépassant pas non plus 10 cm.

Croûte superficielle épaisse liée à l'inondation avec une pellicule brun-foncé, incrustée de débris organiques.

0 à 30 cm : Horizon humifère à caractères vertiques et à gley ; fond bariolé brun-gris foncé (10 YR 4/1 ; 4/1 humide) et brun (10 YR 4/3 ; 3,5/3 humide), suivant un assemblage de forme mal définie, de taille moyenne, vague et diffuse, avec en plus des petites taches brun vif (7,5 YR 5/8 ; 5/6 humide), nettes et frappantes, linéaires et plaquées

dans les canicules des racines, abondantes, plus denses au sommet de l'horizon ; argileux ; structure prismatique très grossière (atteignant 20 cm), par place seulement grossière, bien développée, avec des fentes verticales ouvertes de 1 à 2 cm ; sous-structure plutôt de type polyédrique grossière en surface, développée en rapport avec l'enracinement, puis cubique grossière à polyédrique très grossière, moyennement développée, avec des faces de glissement subhorizontales en général plus ou moins à gauches ; extrêmement dur ; assez poreux, de type tubulaire moyen (> 1 mm) vertical à oblique, étroitement lié à l'enracinement ; tout en surface surtout, présence de canicules biologiques souvent remplis de déjections finement granulaires ; chevelu racinaire dense, grossier, un peu irrégulier, en rapport avec la disposition discontinue des graminées ; les radicelles sont desséchées et glissent dans les pores de l'horizon en y laissant ou non leur épiderme. Passage distinct et légèrement ondulé à :

30 à 70 cm : Horizon à caractères vertiques et à gley ; gris assez foncé (10 YR 4,5/1 ; 1,25 Y 4/1 humide), avec quelques taches vagues et diffuses brunes (10 YR 4/3 ; 4/4 humide), tandis que les faces des agrégats sont tachées suivant un baroiage moyen, distinct et assez net de ces deux couleurs ; en plus, nombreuses petites taches brun-gris-rouge à rouge-jaune (jusqu'à 5 YR 5/8 humide), fines, en général liées aux radicelles, vives, frappantes et nettes sur les faces des agrégats, moins vives, distinctes et moins nettes dans la masse ; dans l'ensemble, la densité de toutes ces ségrégations décroît vers la base de l'horizon ; même texture argileuse ; structure polyédrique grossière bien développée à éléments jointifs, avec des faces de glissement obliques à horizontales nettes mais peu abondantes, pas de surstructure visible (observé humide) ; très ferme ; très peu poreux par quelques pores tubulaires correspondant aux plus grosses radicelles, tandis que les radicelles les plus fines sèches sont pratiquement écrasées dans la masse sans laisser de pores visibles ; enracinement peu abondant. Passage graduel et régulier à :

70 observé jusqu'à 140 cm. Horizon à caractères essentiellement vertiques faiblement taché ; brun (10 YR 4/3 ; 4/2 humide), passant à brun-gris (10 YR 5/2) vers la base, avec quelques rares petites taches brun-rouge liées aux radicelles, frappantes et nettes, quelques taches ponctuelles grises encore plus rares, distinctes et nettes, très petites (2 mm), non indurées ; argileux avec quelques graviers quartzeux ; structure polyédrique moyenne à grossière, passant à une structure moyenne en plaquettes obliques avec des faces striées bien développées ; extrêmement ferme ; compact ;

très fines radicelles encore assez denses, bien ramifiées, en majorité plaquées à la surface des agrégats, desséchées, blanchâtres, non carbonatées, les plus grosses seulement déterminant des pores dans lesquels elles glissent.

Les caractères vertiques sont bien exprimés sur l'ensemble du profil ; les structures sont très grossières en surface. L'hydromorphie de surface est extrêmement nette ; la masse apparaît plus oxydée en-dessous de l'horizon humifère et on observe nettement la localisation des taches en rapport avec la porosité racinaire et les voies d'aération le long des surfaces structurales.

b) Caractérisation analytique

Sur l'ensemble du profil, la texture est fortement argileuse (60 à 70% d'argile), avec moins de 11% de sables. Le taux de matière organique est faible, ce qui est caractéristique du vertisol ; le C/N peu élevé. L'acidification est nette en surface (pH 6,0) accompagnant une légère désaturation du complexe ; vers la base du profil, on tend vers la saturation. On note un rapport Ca/Mg compris entre 1,2 et 1,7, et des taux de sodium croissants en profondeur, où ils sont égaux ou supérieurs à K, sans toutefois dépasser 3% de la somme des bases. Du point de vue agronomique, les réserves en phosphore sont à peine moyennes, mais compte tenu des taux d'azote, on est à un niveau très correct ; les taux de K échangeable sont bons à très bons.

c) Cartographie, Relations génétiques avec d'autres sols

Les vertisols occupent une surface totale réduite, avec 0,5% cartographiés en unité pure, sous forme de plaines basses allongées, témoin d'un réseau hydrographique lié au Chari, pratiquement plus fonctionnel. Ces plages de vertisols sont elles-mêmes noyées dans une association cartographique constituée de solonetz solodisés hydromorphes, sols à hydromorphie de profondeur lessivés en argile et également de vertisols. Cette association correspond à l'ensemble alluvial du système récent ci-dessus mentionné et couvre 4% de la surface de la feuille, les vertisols ne représentant pas une proportion supérieure à 30%.

Il existe quelques rares profils de vertisols morphologiquement comparables dans le N.E de la feuille, sur des alluvions anciennes du système du Ba Illi, également associés topographiquement à des solonetz solodisés hydromorphes (NL 93) ; ces sols ne couvrent jamais de surfaces importantes et n'ont pas été cartographiés, les plaines inondables étant généralement occupées par des sols hydromorphes à gley.

d) Utilisation et aptitudes culturales

Les vertisols sont traditionnellement cultivés en sorgho de décrue, qui représente en fait l'utilisation la plus adaptée. Le facteur limitant en est la durée de la submersion souvent trop longue et qui s'accompagne alors d'une décrue trop tardive. Ces sols présentent l'avantage d'un potentiel chimique élevé, et si physiquement ils restent difficiles à travailler, l'absence de microrelief notable ici constitue pourtant un autre

facteur favorable. Dans les cas de décrue précoce, on pourrait également tenter d'y cultiver du maïs ; dans ces mêmes conditions, le coton de décrue serait enfin possible, à condition de pouvoir lui apporter une irrigation complémentaire en fin de cycle.

IV - SOLS FAIBLEMENT FERRALLITIQUES

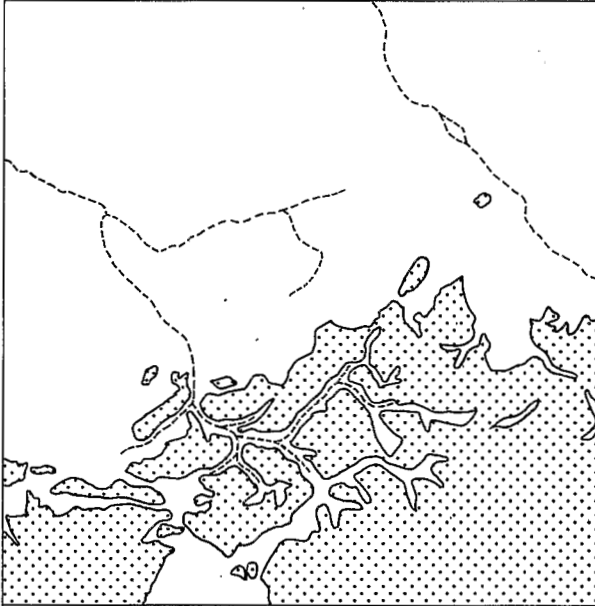


Fig. 11

Les sols ferrallitiques constituent dans la classe des sols à sesquioxides fortement individualisés et à humus de décomposition rapide, une sous-classe définie par une altération profonde et intense des minéraux avec individualisation de sesquioxides de fer et d'alumine. La fraction argileuse est à dominance de kaolinite ; la capacité d'échange, le degré de saturation en bases et la réserve minérale sont généralement très faibles.

Sur la feuille Niellim, les sols ferrallitiques sont uniquement représentés par le groupe des sols faiblement ferrallitiques ; le terme de faiblement, appliqué à l'intensité de la ferrallitisation indique que la décomposition des minéraux ne va pas jusqu'à son terme extrême.

Ils sont localisés dans la moitié sud de la carte dont ils représentent la plus grande partie, puisqu'ils correspondent aux sols rouges des Koros représentant 385 000 ha environ, soit 32% de la surface totale de la feuille. Ces sols portent en général une forêt claire à dominance de légumineuses, souvent dégradée en savane boisée. La ferrallitisation qui détermine la formation de ces sols profonds à partir du continental terminal est considérée comme ancienne et correspondant à un climat plus humide que l'actuel.

a) Morphologie

Profil NL 202 Gayam

- Situé 15 km au S.S.W de Hihi dans la forêt classée de Djoli Kera.
- Matériau argilo-sableux du continental terminal.
- Savane boisée dense à *Isobertinia doka* et *Burkea africana* avec des *Daniellia oliveri* et dans la strate arbustive, *Hymenocardia acida*, *Detarium microcarpum* et *Strychnos inocua*.

Surface : - Forte activité superficielle des termites sur les débris végétaux mais absence d'édifices.
- Touffes de graminées légèrement surélevées.
- Fine croûte brune adhérente sur l'horizon humifère et avec des sables lavés par-dessus.

- 0 à 9 cm : Horizon humifère ; brun-rouge (5 YR 4/2,5 ; 3/2,5 humide), sableux avec une fraction sables grossiers anguleux, blancs, mal enrobés d'humus, tranchant par leur couleur claire, souvent en amas mal homogénéisés ; présence également de remplissages allongés, plus rouges remontés du fond ; structure polyédrique émoussée, moyenne à grossière, faiblement développée ; fragile avec un remplissage particulaire à subanguleux très fin ; poreux de type mixte, en grande partie lié aux remplissages de canaux biologiques ; chevelu racinaire moyen, dense, à développement sub-horizontale, plus fin et plus dense à la verticale des touffes de graminées. Passage tranché et régulier à :
- 9 à 24 cm : Horizon faiblement humifère ; rouge-brun (3,75 YR 4/5 ; 2,5 YR 3/5 humide), légèrement hétérogène par combinaison de réseaux vagues et diffus, l'un plus clair, l'autre plus rouge, un peu plus poreux que l'horizon, liés à l'activité biologique ; même texture sableuse à quartz anguleux blancs ; structure polyédrique de taille irrégulière allant de fine à grossière avec dominance moyenne, faiblement développée ; peu dur ; poreux de type mixte, les pores tubulaires étant assez grossiers ; radicelles et racines moyennes avec des ramifications très fines, denses. Passage tranché et régulier à :
- 24 à 37 cm : Horizon rouge, beaucoup plus homogène, peu ou très faiblement humifère ; (2,5 YR 4/6 ; 3,5/6 humide) avec encore des tranchées et canalicules biologiques visibles, mais les remplissages étant de même couleur et n'accusant pas de différence de porosité avec l'horizon ; sableux à argilo-sableux ; structure polyédrique grossière faiblement développée ; horizon de consistance maximum tout en restant peu dur ; poreux de type mixte ; radicelles et fines racines encore abondantes. Passage distinct et régulier à :

37 à 65 cm : Horizon rouge légèrement plus vif (2,5 YR 4/7 ; 3,5/7 humide), homogène ; sablo-argileux avec mêmes quartz blancs ; caractérisé par sa structure polyédrique moyenne, moyennement développée, peu dure et donnant sous la pression une sous-structure polyédrique très fine (pseudo-sables) ; assez poreux ; peu de radicelles ; quelques racines moyennes. Passage graduel et régulier à :

65 observé jusqu'à 190 cm : Suite du même horizon un peu plus rouge (1,25 YR 4/7 humide), homogène ; sablo-argileux ; à mêmes structure et pseudo-sables ; peu dur ; assez poreux en liaison avec l'agrégation ; racines dispersées, peu denses.

Un sondage de 190 à 360 cm : Permet de constater que cet horizon se poursuit uniformément jusqu'à cette profondeur, passant graduellement vers 250 cm à argilo-sableux, en même temps qu'on observe quelques quartz grossiers de 2 à 4 cm. Vers 250-300 cm ; devient légèrement humide.

Cette description représente le profil moyen des sols rouges faiblement ferrallitiques observés sur la feuille Niellim ; il se caractérise en particulier par :

- sa grande profondeur
- les variations verticales progressives qui affectent la couleur rouge sur l'ensemble de la profondeur, la texture et la structure qui apparaît typiquement constituée de pseudo-sables, très fins agrégats déterminant par leur assemblage une porosité notable expliquant entre autres le très bon drainage interne du profil.
- on note également cette propriété nettement visible de la présence des quartz blancs, sans dépôts d'oxydes de fer, tandis que la fraction argileuse est rouge ; ceci traduit pour MAIGNIEN (1961) une liaison caractéristique pour ce type de sol entre l'argile et les sesquioxides de fer. Pour ce même auteur, la variation progressive de texture observée dans ces sols serait le résultat d'une dégradation et de remaniements superficiels et non d'un lessivage vertical.
- pourtant le sommet du profil présente une différenciation faible mais nette ; on note en particulier :
 - . au point de vue couleur, une certaine décoloration superficielle : la notation MUNSELL est en effet 5 YR 4/2, 5 en surface et atteint progressivement 1,25 YR 4/7 à 65 cm. Ce changement de planche du code MUNSELL (variation de la hue) indique à part la surimposition brune humifère la moindre proportion de rouge dans la couleur de fond. Ceci peut être en partie attribué à la moindre quantité d'argile qui est responsable de la coloration rouge.

- au point de vue structure, on n'observe pas de pseudo-sables dans les 37 premiers centimètres où la structure est polyédrique moyenne à grossière, faiblement développée ; parallèlement, la porosité n'est pas de même type et apparaît liée, soit à l'enracinement (type tubulaire), soit à des zones plus sableuses (type lacunaire) organisées en réseau et liées au moins en partie à l'activité biologique ; enfin on observe un maximum de consistance dans 24 - 37 cm, à la base des horizons humifères, juste avant que n'apparaisse la structure mieux développée, avec les pseudo-sables et une couleur 2,5 YR.

Cette différenciation superficielle apparaît comme une dégradation. Pourtant l'éclaircissement superficiel et la variation de structure et de consistance pourraient être considérés comme un premier stade d'évolution de type ferrugineux tropical sans qu'on puisse étayer cette hypothèse par l'apparition d'un lessivage apparent ; aucune forme d'accumulation n'est visible non plus.

b) Variations observées

Elles concernent tout d'abord l'intensité de cette dégradation superficielle. Nous n'avons observé qu'une fois un profil de sol rouge présentant en surface une structure bien développée, subanguleuse, à remplissage de pseudo-sables ; ce profil présentait corrélativement un moindre éclaircissement à sa partie supérieure, tandis qu'en surface on avait une petite litière. Dans tous les autres cas (plus d'une vingtaine de profils observés), la dégradation superficielle est constante, plus ou moins marquée, pouvant aller jusqu'à l'existence en surface d'un horizon tassé à structure fondue ; la présence de l'horizon à consistance maximum avant de passer aux caractères faiblement ferrallitiques typiques est également constante.

On a en particulier recherché s'il n'existait pas de sols moins dégradés sous les formations forestières les plus nettes, comme la forêt classée de Djoli Kera ; aucune relation nette n'est apparue ; par contre, il semble bien que la dégradation du sol soit d'autant plus accentuée que la végétation est elle-même plus dégradée, comme dans les zones surcultivées.

On peut d'ailleurs affirmer que la première manifestation de cette transformation consiste dans l'absence de litière et l'apparition d'une croûte superficielle, résultat du splash et du ruissellement en nappe : à ce titre trois facteurs semblent jouer dans ce processus :

- Le feu qui supprime litière et protection du sol et tend à transformer la forêt en savane boisée (cas de la forêt classée de Djoli Kera).
- La culture excessive qui conduit à une savane arbustive avec en général augmentation relative des combretacées.
- L'existence de pente suffisante peut enfin s'ajouter localement pour déterminer une véritable érosion par ruissellement, en nappe, n'atteignant que très exceptionnellement la nappe ravinante.

Cette dégradation superficielle apparaît donc en définitive et avant tout comme un faciès de savane.

Un deuxième type de variation affecte le matériau originel lorsqu'un niveau massif ou grossier - grès du continental terminal ou cuirasse - limite la profondeur du sol. Il est remarquable que, lorsque de tels niveaux sont situés à un mètre ou moins d'un mètre de profondeur, ils déterminent alors une variation de drainage et de pédoclimat qui induit l'existence de sols ferrugineux tropicaux qui seront étudiés plus loin (par exemple NL 23 Dar Gandil).

c) Caractères analytiques

La variation texturale est toujours de même type : horizons supérieurs sableux, passant progressivement vers 50 à 60 à sablo-argileux, puis argilo-sableux. Le raccourcissement par érosion peut faire remonter cette limite dans le profil (NL 31, NL 67 ; voir figure 7). On a vu que parallèlement, le rapport sables fins/sables grossiers diminue vers la profondeur, sauf dans certains cas comme NL 67, apparaissant nettement tronqué et aussi plus argileux ; ce caractère et secondairement la présence fréquente de débris de poterie au niveau de transition penche à faire considérer comme probables des remaniements locaux. Les taux de limon sont toujours très faibles et ordinairement inférieurs à 2 ou 3 %.

Il est intéressant de remarquer que dans tous les horizons rouges à pseudo-sables (à une exception près) le rapport fer libre/argile est inférieur à 12 %, compris entre 8 et 11,5, indiquant que la totalité du fer libre peut être liée, sous forme de complexes ordonnés, à l'argile kaolinitique dont le taux de saturation de surface est précisément 12 %. Dans ces mêmes horizons, le rapport fer libre/fer total est toujours très élevé : plus de 70 %, souvent de l'ordre de 90 % ; cette très forte individualisation du fer résulte de l'altération intense qu'est la ferrallitisation même faible : les rapports moléculaires silice/alumine mesurés sont en effet voisins de 2, parfois sensiblement supérieurs : 1,94 à 2,8.

Par contre, dans les horizons dégradés, on a toujours :

fer libre/argile supérieur à 12 %

fer libre/fer total inférieur à 85 % et pouvant s'abaisser dans certains horizons à consistance maximum à 67 % ; ceci n'est toutefois pas constant.

Ces données semblent pourtant bien indiquer la libération totale du fer dans les horizons dégradés avec sursaturation des surfaces d'argile, et possibilité d'immobilisation dans certains cas. Cette immobilisation pourrait d'ailleurs se produire à des profondeurs assez grandes (NL 43) mais très compatibles avec le régime hydrique de ces sols. Ces considérations tendent donc à confirmer que ce faciès de savane peut être un premier stade d'évolution de type ferrugineux tropical.

Les taux de matières organiques sont compris entre 0,7 et 1,5 % dans la tranche superficielle 0 - 10 cm, avec des C/N relativement élevés, compris entre 14 et 18. Mais la décroissance n'est pas brutale comme dans des horizons humifères typiquement forestiers et dans 10-25 cm on observe encore couramment 50 à 80 % du taux observé en surface.

Dans l'horizon humifère, le pH est compris entre 4,6 et 6,4 mais ordinairement supérieur à 5,5 ; il s'accompagne d'un taux de saturation de 20 à 70 %, le plus souvent voisin de 60 %. L'acidification s'accroît ensuite rapidement et le pH se stabilise autour de 4,5, tandis que les taux de saturation peuvent être inférieurs à 20 %, mais aussi se maintenir vers 40 - 50 %. On observe fréquemment une remontée vers 2 mètres ou plus profondément (3,50 mètres dans NL 202). On note toutefois que dans les cas où on observe une immobilisation du fer comme mentionné plus haut, ceci s'accompagne également d'une remontée des bases et du coefficient de saturation : on aurait donc vraiment affaire à des horizons d'accumulation diffus.

Du point de vue fertilité chimique, on doit signaler que sur l'ensemble du profil la somme des bases reste faible, bien que très variable : 5 à 1 mé. % dans l'horizon humifère et 0,5 à 1 mé. % dans les horizons profonds acides ; la recharge superficielle par remontée de la végétation ligneuse reste donc encore assez nette ; le calcium domine largement dans les cations échangeables à de rares exceptions près ; le rapport Ca/Mg varie cependant dans des proportions considérables mais restant toujours supérieur à l'unité en surface. Les taux de potassium échangeables sont inférieurs à 0,1, c'est-à-dire médiocres ou mauvais. Les réserves en phosphore total, comprises entre 0,10 et 0,20 ‰ sont assez faibles, compte tenu du pH et des taux d'azote.

Du point de vue physique, l'instabilité structurale augmente sensiblement avec la profondeur, mais la perméabilité reste à des valeurs moyennes ou assez élevées, assurant un très bon ressuyage du sol.

d) Extension - Utilisation actuelle et potentielle

L'extension de ces sols est considérable sur la feuille Niellim : 32 % de la surface de la carte, correspondant à l'ensemble des Koros de la moitié sud. Ils représentent la zone haute de la carte. Dans ces grandes étendues mollement vallonnées et monotones, on n'observe d'affleurement de grès et de cuirasse que sur les pentes et sur le glacis nord, formant parfois des ressauts topographiques. Dans les talwegs et en bas de glacis, on passe à des sols ferrugineux tropicaux, d'abord bien drainés, puis à pseudo-gley de profondeur.

L'utilisation actuelle de ces sols est d'ailleurs réduite à ces bas de pente, la masse des Koros étant inhospitalière du fait de la grande profondeur de la nappe phréatique. Ils sont exploités en coton, suivis de cultures vivrières diverses : sorgho, manioc, arachide ; la jachère est malheureusement toujours brûlée une ou deux fois par an, et on estime que dans ces conditions elle ne peut avoir d'effet régénérateur du point de vue organique qu'au bout de 5 ou 6 ans (BOUTEYRE 1963) et il semble que la régénération d'une structure bien développée en surface suppose une protection du feu.

Le profil hydrique de ces sols est particulièrement favorable, correspondant à une bonne répartition profonde de l'eau, en même temps qu'un bon ressuyage ; l'absence d'horizons tranchés permet une implantation facile des racines encore que le pivot du cotonnier réagisse vivement aux semelles d'origine culturale et à la variation d'argile vers 50 cm (AUDRY 1965). Le potentiel chimique de ces sols reste faible, mais l'expérience montre qu'ils sont susceptibles de bons rendements s'ils sont convenablement conduits et de très bons rendements avec des apports de fumier ou avec une fertilisation chimique appropriée.

V - SOLS FERRUGINEUX TROPICAUX

Dans la classe des sols à sesquioxydes fortement individualisés et à humus de décomposition rapide, les sols ferrugineux tropicaux forment une sous-classe caractérisée par l'individualisation des sesquioxydes de fer qui restent libres. Suivant qu'il y a ou non lessivage de l'argile, on y distingue deux groupes et dans le groupe lessivé, les distinctions des sous-groupes reposent sur les formes et le mode d'accumulation des sesquioxydes.

Les sols ferrugineux tropicaux de la feuille Niellim sont tous du groupe lessivé, et deux principaux sous-groupes sont représentés :

- sans concrétions, en général sans taches non plus,
- à pseudo-gley de profondeur avec taches et concrétions.

Les ségrégations d'hydroxydes de fer sont fréquentes dans les horizons d'accumulation des sols ferrugineux tropicaux ; le terme pseudo-gley de profondeur précise que les taches et concrétions sont dues non à un simple engorgement résultant du colmatage des horizons d'accumulation, mais qu'il y a action d'une nappe temporaire.

Dans la carte pédologique de Niellim, les sols ferrugineux tropicaux occupent une importance considérable puisqu'ils couvrent plus de 35 % de la surface totale ; on a distingué deux familles principales :

- sur les matériaux argilo-sableux dérivés du continental terminal, on observe, associés topographiquement en fonction des conditions de drainage interne, des sols sans concrétions, puis des sols à pseudo-gley profond,
- sur les alluvions anciennes, sablo-argileuses, le terme à pseudo-gley profond est de loin dominant.

En outre, on a distingué deux autres familles de sols ferrugineux tropicaux lessivés sans concrétions :

- sur les matériaux rouges accumulés en piedmont des reliefs représentant 900 ha seulement,
- sur matériaux avec cuirasse ancienne peu profonde, représentant 27 000 ha soit 2,2 % de la surface de la carte.

SOLS FERRUGINEUX TROPICAUX LESSIVÉS



Sans concrétions



Sur matériaux dérivés du Continental Terminal



Sur matériau rouge des piedmonts



Avec cuirasse ferrugineuse ancienne à faible profondeur

A pseudogley de profondeur



Sur matériaux dérivés du Continental Terminal ou alluvions



Sur alluvions, en unité pure.



Sur alluvions, associées à des Sols Hydromorphes lessivés

Figure 12

1 - Sols Ferrugineux Tropicaux lessivés sans concrétions, sur matériau argilo-sableux dérivé du Continental Terminal

Ces sols relayent les sols faiblement ferrallitiques en position plus basse, dans les talwegs et sur le glacis des Koros. Leur végétation est généralement une savane boisée dans laquelle la strate arborée comporte en mélange avec les légumineuses, des karités abondants et des combretacées : *Anogeissus*, *Terminalia*, *Combretum*. De par leur situation, ils constituent des zones de population dense et par suite des cultures, cette végétation est très souvent dégradée en une savane arbustive à combretacées dominantes.

a) Morphologie

Profil NL 5 Matekaga

- Localisé 2 km au sud de Gangara, dans un talweg orienté W.E, formant une simple dépression allongée (vallée sèche)
- Matériau sablo-argileux dérivé du continental terminal
- Vieille jachère : savane arbustive à combretacées dominantes, avec une strate arborée claire épargnée par le débroussement.

La surface du sol est marquée par le splash, et un ruissellement en nappe modéré.

- 0 à 16 cm : Horizon humifère lessivé ; brun-gris (10 YR 5/2 ; 3/2 humide), homogène ; sableux avec des sables grossiers anguleux ; structure fondue à tendance polyédrique moyenne ; peu dur ; faiblement poreux ; chevelu racinaire assez dense. Passage tranché et régulier à :
- 16 à 33 cm : Horizon lessivé, encore humifère ; brun (10 YR 4,5/3 ; 4/3 humide), de mêmes texture et structure ; assez poreux de type lacunaire, avec quelques pores tubulaires fins et moyens ; radicelles fines peu ramifiées ; nombreuses racines de 1 à 2 cm. Passage tranché et régulier à :
- 33 à 50 cm : Horizon appauvri en argile, mais formant un (B) par sa consistance et sa coloration ; brun-jaune à brun (8,75 YR 5/4 ; 4/3 humide) avec des remplissages d'origine biologique gris et d'autres rouges ; sableux un peu argileux ; structure polyédrique moyenne moyennement développée ; dur ; peu poreux de type tubulaire fin dominant ; enracinement surtout grossier, peu dense. Passage tranché et régulier à :
- 50 à 64 cm : Suite du même horizon, à caractères moins nets ; brun foncé (7,5 YR 5/6 ; 6,25 YR 4/6 humide) ; mêmes texture et structure, peu dur ; peu poreux ; quelques racines fines et moyennes. Passage tranché et régulier à :

- 64 à 79 cm : Horizon de transition; rouge-jaune (5 YR 5/6; 4/4 humide) sableux à sablo-argileux; structure polyédrique moyenne et fine, moyennement développée; peu dur; assez poreux; quelques gros canaux; racines moyennes. Passage distinct et régulier à :
- 79 à 200 cm : Horizon d'accumulation diffuse d'argile dans un matériau à caractères faiblement ferrallitiques; rouge-jaune (5 YR 5, 5/8; 4/8 humide); sablo-argileux, à sables grossiers blancs anguleux et avec quelques petits revêtements argileux mais sur des faces structurales de plus en plus abondants vers la base; structure polyédrique moyenne bien développée à sous-structure polyédrique très fine; peu dur; assez poreux; fines racines assez nombreuses. Passage graduel à :
- 200 observé jusqu'à 290 cm : Matériau originel, à caractères ferrallitiques, de même couleur rouge-jaune; sablo-argileux; à structure polyédrique caractéristique, fine à très fine, bien développée, mais présentant une diminution de la porosité qui devient par ailleurs à dominance tubulaire avec également de nombreux canaux biologiques de 2 à 5 mm :
- le matériau passe progressivement à plus jaune :
- à 400 cm, on a du rouge-jaune moins vif (6,25 YR 5; 5/8) avec quelques rares taches jaunes (10 YR 7, 5/8),
 - à partir de 420 cm, passe à franchement jaune (10 YR 6, 5/6) bariolé de rouge-jaune à jaune vif (10 YR 7, 5/8).

La morphologie de ce profil est intéressante à comparer à celle des sols rouges faiblement ferrallitiques. Ils présentent en effet des caractères communs :

- les variations de texture et de couleur sont encore progressives,
- la base du profil et le matériau originel présentent des caractères ferrallitiques : sous-structure polyédrique fine bien que n'allant pas jusqu'aux pseudo-sables et couleur rouge (5 YR),
- la différenciation des trois premiers horizons est analogue; on note en particulier un (B) de consistance de 33 à 50 cm, alors que l'augmentation franche d'argile ne se situe qu'entre 64 et 79 cm.

Toutefois la différenciation de type ferrugineux tropical lessivé est nette et on observe en particulier les caractères de lessivage en surface (porosité en particulier), parallèlement à la décoloration franche de ces horizons (10 YR). L'accumulation est diffuse, mais on observe quelques revêtements argileux et un certain colmatage tout à la base du profil.

On doit noter au passage que l'analogie de la différenciation superficielle entre ces sols ferrugineux tropicaux sur matériau à caractères ferrallitiques et les sols faiblement ferrallitiques des Koros, a valeur d'argument pour faire considérer la dégradation de ces derniers comme un premier stade d'évolution vers la ferruginisation.

Les variations autour de ce profil type concernent essentiellement la profondeur relative des différents horizons ; l'observation montre qu'il existe une relation nette entre la profondeur de différenciation du profil, la couleur observée dans l'horizon d'accumulation et le drainage interne de la base des profils, des actions d'engorgement conduisant à une décoloration du matériau avec ségrégations.

- les horizons humifères et lessivés sont toujours décolorés et dans les gris ou brun-gris, planche MUNSSELL (10 YR).
- dans le profil 5, l'accumulation se produit dans un matériau rouge 5 YR ; tandis qu'à 400 cm, on repasse à du jaune-rouge, 10 YR avec ségrégations.

Ce schéma se retrouve dans tous les sols moins profondément différenciés

- quand la différenciation ferrugineuse est plus nette, on observe parallèlement une moindre coloration rouge de l'horizon d'accumulation qui passe à jaune-rouge (7,5 YR) tandis que le niveau mal drainé profond remonte jusque vers 200 cm à 300 cm. Au stade suivant, les horizons d'accumulation sont peu colorés (10 YR) mais il s'agit de sols lessivés à taches et concrétions, qui constituent dans la carte Niellim un terme de transition rapide et non retenu en cartographie, vers les sols ferrugineux tropicaux à pseudo-gley.

La différenciation des sols ferrugineux tropicaux lessivés sur matériaux issus du continental terminal apparaît donc déterminée essentiellement par le drainage interne, lui-même dépendant du modelé et influant plus ou moins directement sur la nature du couvert végétal. Il est bon de rappeler que dans les conditions climatiques existantes et pour de tels sols, la profondeur mouillée dépasse couramment 4 mètres.

Un autre facteur de différenciation peut jouer pour perturber ces données : l'érosion peut avoir tronqué ces sols et réduit l'épaisseur des horizons lessivés. Enfin, la présence d'un niveau grossier massif (grès ou cuirasse), fréquent sur les pentes des glacis, favorise la différenciation des sols ferrugineux tropicaux lessivés par ralentissement du drainage interne (NL 62) lorsqu'il est entre 1 mètre et 2 mètres de profondeur.

b) Caractères analytiques

Le profil textural est progressif ; on a toujours cette variation verticale des fractions sableuses avec augmentation relative des sables grossiers en profondeur qui pose le problème de l'homogénéité du matériau ; le fait d'un remaniement superficiel conduisant à un matériau plus sableux en surface est très probable comme dans les sols faiblement ferrellitiques ; si cette préexistence a sans doute favorisé l'apparition du lessivage, ce dernier ne fait pourtant pas de doute car il n'y a pas toujours un parallélisme étroit (cf figure 7) entre les variations du rapport sables fins/sables grossiers et les variations d'argile ; de plus, l'accumulation se

traduit en général par un léger ventre d'argile sur la courbe. La texture du matériau est variable : 20 à 40 % d'argile, avec toujours prédominance des sables grossiers sur les sables fins. Les horizons lessivés sont toujours sableux, avec 10 % d'argile au maximum ; il est rare que les sables fins atteignent la même proportion que les sables grossiers ; les taux de limon restent inférieurs à 3 - 4 %.

Par rapport aux sols faiblement ferrallitiques, ces sols apparaissent appauvris en sesquioxydes de fer ; dans tous les profils analysés, le rapport Fe_2O_3 libre/argile est inférieur à 12 %, atteignant des valeurs de 4 % dans les horizons profonds, mais restant toujours supérieur à 12 % en surface. Les valeurs du fer total témoignent également de l'appauvrissement de ces sols ; les horizons d'accumulation d'argile accusent des maxima peu marqués du fer sans immobilisation nette. Toutefois, les rapports fer libre/fer total encore élevés - 60 à 80 % - accusent une légère immobilisation, en général assez nette dans les horizons de consistance. Enfin, même les horizons très profonds et à ségrégations ne correspondent pas à une accumulation marquée et on est plutôt amené à conclure à une exportation oblique du fer hors ces profils, facilitée par leur situation dans le paysage, et pas forcément actuelle.

Les taux de matière organique sont compris entre 0,7 et 1,50 %, sans horizon humifère très tranché, mais les C/N apparaissent assez élevés, compris entre 15 et 20.

Les horizons humifères sont couramment saturés à 80 % avec des pH de 6 à 6,5 mais peuvent être beaucoup plus lessivés et acides ; dans les horizons lessivés, le pH peut atteindre la valeur de 4,0 ; enfin les bases semblent entraînées profondément, plus mobiles que l'argile, et on n'observe souvent pas d'augmentation de S avant 1,50 à 2 mètres ; les niveaux engorgés profonds marquent bien l'augmentation du pH et du coefficient de saturation.

La somme des bases reste faible, pouvant atteindre 3 à 5 mé. seulement, dans les horizons humifères ; la répartition des bases montre là aussi une très nette prédominance du Ca et des valeurs très médiocres de K. Au point de vue fertilité et réserves chimiques, ces sols sont très comparables aux sols faiblement ferrallitiques.

Par contre, leurs propriétés physiques et en particulier leur structure est moins favorable, quoiqu'encore bonne.

Extension et Utilisation

Ces sols ferrugineux tropicaux lessivés sans concrétions sont localisés sur les bas de pente, en position encore de très bon drainage, entre les sols faiblement ferrallitiques et les sols ferrugineux tropicaux lessivés à pseudo-gley profond. Il s'ensuit qu'en dehors des talwegs où ils s'étendent suivant un réseau souvent étroit, leur extension correspond essentiellement au glacis du Koros.

Il n'est pas douteux qu'une cartographie plus détaillée permettrait de distinguer dans ces sols deux familles, l'une sur matériau du continental terminal ou sur sols faiblement ferrallitiques en place ; l'autre sur matériau dérivé du continental terminal.

Bien que représentant seulement 80 000 ha environ, soit 6,5 % de la surface totale de la feuille Niellim, ces sols présentent un grand intérêt pratique, constituant les sols les plus cultivés de la zone des Koros ; la culture traditionnelle s'applique d'ailleurs indifféremment à l'ensemble bien drainé en surface des vallées et de leurs abords, c'est-à-dire aussi aux sols faiblement ferrallitiques et ferrugineux tropicaux lessivés à pseudo-gley profond.

Le régime hydrique de ces sols est tout à fait intéressant, et le passage des horizons lessivés aux horizons plus argileux est suffisamment progressif pour permettre un bon enracinement des plantes à pivot comme le cotonnier. Toutefois si l'utilisation traditionnelle semble adaptée à la vocation de ces sols ferrugineux tropicaux, on ne doit pas oublier qu'on a affaire à des sols lessivés sur un matériau déjà pauvre :

- du point de vue hydrique, les horizons lessivés ayant une capacité de rétention faible, les risques de manque d'eau peuvent se présenter en cas de sécheresse temporaire assez longue,
- du point de vue chimique, le stock de matière organique s'amenuise très vite en culture continue, tandis que les cultures, dont l'enracinement n'atteint généralement pas les niveaux profonds, appauvrissent encore les horizons lessivés.

Outre l'utilisation très souhaitable du fumier, la jachère boisée s'impose pour remonter des bases en surface, reconstituer le niveau organique et l'état structural, tout en protégeant le sol contre l'érosion en nappe qui les dégrade progressivement.

2 - Sols Ferrugineux Tropicaux lessivés sans concrétions sur matériau rouge accumulé en piedmont des reliefs résiduels

Cette catégorie de sols ne présente qu'une très faible importance relative : à peine 1 000 ha, soit moins de 0,1 % de la surface totale de la carte, répartie en deux taches : l'une dans le N.E de la carte (pitons de Korbol à l'extérieur de la feuille), l'autre dans le centre est, en bordure du Chari (pitons de Niellim). Le matériau originel de ces sols correspond à une altération ancienne (continental terminal) des roches cristallines des massifs résiduels.

Les conditions climatiques font qu'on passe sur ces formations à une savane arborée à combretacées et on note la présence d'espèces typiquement sahélo-soudanaises, rares par ailleurs, comme *Sclerocarya birrea*. Ces sols sont d'ailleurs intensément cultivés par les villages toujours présents en pied des reliefs rocheux.

Les deux profils étudiés, un sur chacune de ces plages, présentent dans le matériau originel des caractères faiblement ferrallitiques quant à la structuration, la couleur et la liaison fer-argile observable. Dans le profil NL 109 décrit à Niellim, on y observe en plus de nombreux feldspaths, tandis que le rapport moléculaire silice/alumine confirme l'altération de type faiblement ferrallitique ; il s'agirait donc d'un matériau ferrisolique.

La différenciation des sols ferrugineux tropicaux lessivés est très analogue sur ce matériau à celle observée sur le matériau de la base des Koros. On observe nettement une variation verticale du matériau dans NL 109, mais le lessivage s'installe indépendamment et recoupe ces limites originelles, tandis que le profil NL 120 apparaît tronqué superficiellement (cf courbes figure 8) en même temps que moins bien drainé à la base.

Au point de vue analytique, ces sols sont également très comparables à ceux précédemment étudiés en ce qui concerne granulométrie, profil textural, matière organique et dynamique du fer ; ce dernier apparaît également fortement lessivé. On relève une différence pourtant en ce qui concerne le complexe absorbant : la somme des bases est un peu plus élevée et il s'ensuit une moindre désaturation et une moindre acidité, mais l'allure reste la même avec remontée nette dans les horizons d'accumulation ; ceci peut être facilement mis en relation avec la présence de minéraux altérables dans le profil ou à proximité. Il s'ensuit en particulier des réserves potassiques un peu plus élevées.

Aux structures superficielles fondues observées, correspondent une instabilité structurale pouvant être assez forte et dans tous les cas une perméabilité faible ; ces sols situés sur pentes parfois assez fortes et souvent intensément cultivés présentent un grand risque d'érosion, que l'agriculteur a senti et essaye de limiter en billonnant ses champs de coton, mil... Mais là encore la jachère semble seule capable de pouvoir recréer un état structural convenable.

3 - Sols Ferrugineux Tropicaux lessivés sans concrétions ; familles avec ancienne cuirasse ferrugineuse à faible profondeur

Cette catégorie de sols ferrugineux tropicaux lessivés, d'extension réduite (27 000 ha cartographiés, soit un peu plus de 2 % de la surface totale de la carte), est complexe : on a affaire à un ensemble de familles, mais toutes caractérisées par la présence à faible profondeur d'un niveau grossier. Ce niveau grossier peut être le grès argileux massif du continental terminal subaffleurant sur les pentes des Koros, mais très généralement, on a affaire à des cuirasses ferrugineuses qui correspondent à des accumulations de sesquioxydes de fer immobilisés, témoin d'un climat ancien plus humide que l'actuel.

a) Morphologie

Profil NL 50

- Situé à 8 km au nord de Falgué, sur un fragment du glacis cuirassé auréolant côté ouest le massif de Niellim.
- Continental terminal cuirassé : ancien sol ferrugineux tropical lessivé à cuirasse, tronqué .
- Savane arborée et arbustive dense, à *Anogeissus leiocarpus*, *Prosopis africana*, *Khaya senegalensis*, *Terminalia avicenoïdes*, *Detarium microcarpum*, *Hymenocardia acida*, *Strychnos inocua*, *Combretum sp.* et à grandes andropogonées vivaces ; avec des bosquets boisés sur de grandes termitières arasées.

Surface : croûte non adhérente sur l'horizon sous-jacent ; incrustée de graviers et cailloux de quartz.

- 0 à 14 cm : Horizon humifère, lessivé ; brun-gris (10 YR 5/2 ; 4/2 humide), homogène ; sableux avec une notable proportion de limon, à très gros sables colorés, légèrement émoussés, et avec des petits gravillons cimentés à cassure brun-rouge ; structure à tendance grossièrement lamellaire sur 0-3 cm (une seule lamelle), puis polyédrique émoussée grossière, moyennement développée ; fragile ; poreux de type mixte et de taille moyenne ; forte activité biologique avec canalicules à remplissage sableux finement poreux ; chevelu racinaire fin et dense homogène, avec nombreuses racines moyennes allant jusqu'à 4 cm, à développement horizontal. Passage tranché et régulier à :
- 14 à 21 cm : Horizon lessivé, faiblement humifère ; brun à brun clair (10 YR 5,5/3 ; 4,5/3 humide), avec des petites zones vagues et diffuses, plus sombres et moins poreuses que le reste de l'horizon ; même texture, avec les sables grossiers se détachant nettement par leur coloration et avec des gravillons plus gros que dans l'horizon précédent, de forme souvent mamelonnée, irrégulièrement disposés dans l'horizon mais de plus en plus nombreux vers la base ; structure polyédrique moyenne, faiblement développée ; fragile, localement peu dur ; poreux avec présence de canalicules biologiques ; continuation du chevelu plus fin et moins dense ; radicelles et racines moyennes assez abondantes, toujours avec une tendance au développement subhorizontal. Passage tranché et régulier à :
- 21 à 33 cm : Horizon lessivé ; brun clair (10 YR 5,5/3 ; 4,5/3 humide) ; graveleux à matrice sableuse ; la fraction graveleuse étant constituée de gravillons à surface brun-jaune foncé et à cassure brun-rouge, mamelonnés, parfois assez anguleux,

de taille moyenne 5 mm, mais jusqu'à 10 mm et de quartz tous anguleux, de taille moyenne 2 à 3 mm, pouvant atteindre 5 mm ; structure polyédrique moyenne, moyennement développée, avec remplissage entre les éléments grossiers par une structure polyédrique très fine ; peu dur ; poreux avec augmentation relative de la porosité tubulaire, les éléments de la microstructure polyédrique étant en général compacts ; radicelles et racines moyennes assez nombreuses, irrégulières. Passage tranché et légèrement ondulé à :

33 à 50 cm : Horizon d'accumulation d'argile dans un matériau très fortement graveleux, comprenant les mêmes éléments grossiers que l'horizon précédent avec des gravillons atteignant 1 à 2 cm, emballés dans une matrice sablo-argileuse brun-rouge clair (7,5 YR 6/5 ; 5/5 humide) avec des petites taches plus rouges, vagues mais nettes ; localement on observe des zones brun clair plus poreuses équivalentes à l'horizon précédent, tandis que l'accumulation d'argile s'observe sous forme de films brun plus foncé dans les pores et sur les gravillons ; structure granulaire (éléments grossiers) à remplissage finement polyédrique en emballage massif ; dur en place ; assez poreux de type tubulaire ; quelques radicelles et racines. Passage distinct et légèrement ondulé à :

50 observé jusqu'à 80 cm : Cuirasse gravillonnaire fortement cimentée à faciès lamellaire, contenant de gros quartz anguleux ; canaux et cavités sont remplis d'un matériau brun-rouge continuant la matrice de l'horizon précédent et présentent des revêtements argileux brun-rouge.

Dans ce profil, l'augmentation continue, vers la base, de la proportion des gravillons mamelonnés indique un ancien horizon d'accumulation de sol ferrugineux tropical lessivé passant à une cuirasse. Hors un remaniement tout à fait superficiel probable, le lessivage affecte d'anciens horizons d'accumulation qui se retrouvent dans les horizons moyens de ce profil sous forme de zones plus sombres, compactes. Les revêtements argileux qui représentent l'accumulation actuelle sont localisés dans le niveau grossier ; on les identifie bien car ils montrent un décalage de couleur net (dans 33-50 cm où la matrice est brun-rouge, ils sont bruns).

b) Variations morphologiques

La caractéristique principale de ces sols est leur faible profondeur ; les horizons lessivés sont toujours peu épais, mais l'accumulation d'argile peut se poursuivre assez profondément dans le niveau grossier.

Il est fréquent d'observer des actions d'engorgement à la base de ces profils, les niveaux grossiers colmatés et massifs pouvant déterminer des nappes temporaires perchées : on a alors des taches rouges, non indurées, tandis que les concrétions héritées peuvent témoigner de remises en mouvement du fer et devenir assez friables.

Les variations affectent tout d'abord le matériau dans lequel se différencie le profil ; à côté de ces sols anciens tronqués, on observe fréquemment des produits colluviaux, eux-mêmes parfois plus ou moins grossiers (gravillons) reposant sur le niveau massif.

On note enfin un passage aux sols hydromorphes, en position très plane, en situation de bowal; ceci s'accompagne ordinairement d'une réduction d'épaisseur du sol.

c) Caractères analytiques

Les analyses granulométriques donnent évidemment des résultats globaux sans distinction des caractères acquis et de l'évolution actuelle ; les horizons lessivés sont toujours sableux avec moins de 10 % d'argile, en général moins de 5 % de limon et une prédominance plus ou moins marquée des sables grossiers sur les sables fins. La matrice des horizons graveleux est toujours au moins argilo-sableuse et les sables grossiers y sont nettement dominants ; la variation texturale est assez progressive mais très rapide, en rapport même avec la faible épaisseur des profils.

Les taux de matière organique sont voisins de 1 %, les C/N ordinairement compris entre 15 et 18.

Les teneurs en fer libre et fer total sont relativement peu élevées, surtout dans les sols dérivés des grès argileux des Koros. Les rapports fer libre/fer total sont élevés et indiquent bien la dynamique du fer dans ces profils : compris entre 70 et 80 % dans les horizons humifères lessivés, ils chutent de 10 % dans les horizons d'immobilisation.

La saturation atteint ordinairement 45 à 70 % dans l'horizon humifère, avec des pH de 5,5 à 6,0 et les horizons lessivés sous-jacents accusent une acidité plus nette avec des valeurs de 4,5 à 5,0 ; l'accumulation des bases n'a pas été systématiquement mise en évidence dans les analyses effectuées portant avant tout sur les horizons meubles, mais elle peut s'amorcer à partir de 50 cm (NL 78 Goundi).

A la désaturation superficielle relativement forte, correspond une somme des bases échangeables très faible n'excédant pas 1,5 à 2 mé. %, et plus faible dans les horizons lessivés non humifères. Les rapports Ca/Mg sont compris entre 2 et 6 en surface et la proportion de Mg augmente en profondeur. Les taux de potasse échangeable sont très faibles en surface, toujours inférieurs à 0,1 mé. %, mais sont compris entre 0,1 et 0,2 dans les horizons d'accumulation.

Les réserves phosphoriques sont également très faibles avec moins de 0,10 % de P₂O₅ en surface.

L'instabilité structurale est forte sur l'ensemble du profil, tandis que la perméabilité est faible, surtout en surface, expliquant l'érosion en nappe fréquente sur ces sols.

d) Extension - Cartographie et utilisation

Un certain nombre de profils de ces sols ferrugineux tropicaux lessivés sans concrétions avec niveau grossier peu profond ont été observés sur les flancs des Koros, mais toujours avec une extension très réduite n'ayant pas fait l'objet de cartographie.

On peut distinguer deux ensembles principaux d'extension suffisante et qui ont été cartographiés :

- le glacis du massif de Niellim, descendant en pente douce à partir de la cote 400 environ,
- la base du glacis nord des Koros, en plages individualisées soulignant le passage au grand ensemble alluvial situé autour de la cote 350 ; ceci essentiellement dans la moitié ouest ; sur la moitié est de ce glacis, la cuirasse existe, mais elle n'affleure que par points (NL 63), souvent située à plus d'un mètre de profondeur (NL 62).

Dans les deux unités, la surface cuirassée ancienne est accidentée de dépressions inondables à sols hydromorphes sur alluvions argileuses, à la base desquelles on a observé, une fois, au pied des Koros (NL 24), une cuirasse à 2 mètres de profondeur.

Ces sols essentiellement caractérisés par leur faible profondeur et leur susceptibilité à l'érosion, ont avant tout une vocation forestière. Pourtant chaque fois qu'ils sont situés à proximité de zones habitées, l'agriculteur les utilise en coton et cultures vivrières et l'aspect végétatif des champs est en général satisfaisant ; ceci semble dû en particulier au fait que les racines des plantes atteignent plus facilement les horizons d'accumulation que dans des sols plus profonds. Ces sols sont sensibles à l'érosion ; le billonnage est parfois pratiqué ; il doit l'être systématiquement ; et leur exploitation ne saurait être pratiquée que localement pour éviter les fortes érosions en nappe, et avec une extrême prudence et un retour prolongé assez fréquent (3-4 ans de culture au maximum) aux conditions de végétation naturelle.

4 - Sols Ferrugineux Tropicaux lessivés à pseudogley de profondeur

Cette catégorie représente à elle seule les 3/4 de l'ensemble des sols ferrugineux tropicaux de la feuille Niellim avec près de 27 % de la surface totale de la carte.

On y a distingué deux familles, l'une sur matériau dérivé du continental terminal qui a déjà été évoquée comme topographiquement associée en position plus basse aux sols ferrugineux tropicaux lessivés sans concrétions, sur le même matériau ; l'autre de beaucoup la plus importante, sur alluvion, et qui va être prise comme base de l'étude régionale de cette catégorie de sols. Les premiers seront alors comparés à ceux-ci.

Tous ces sols ferrugineux tropicaux lessivés à pseudo-gley de profondeur sont caractérisés par le processus d'hydromorphie qui marque la base de leur profil, et modifie en particulier les caractères des horizons d'accumulation. Enfin par variation de ces phénomènes d'hydromorphie, on peut observer :

- soit une tendance évolutive vers les sols hydromorphes
- soit l'expression d'un "faciès halomorphe solodisé" dans ces sols ferrugineux tropicaux.

a) Morphologie des sols ferrugineux tropicaux lessivés à pseudo-gley de profondeur, sur alluvions sablo-argileuses ou argilo-sableuses

Profil NL 80 Tchourgou

- Situé 12 km au S.S.E de Tchourgou, sur une butte sableuse du système alluvial ancien.
- Alluvion sablo-argileuse.
- Savane arbustive dense à *Terminalia avicenioides*, *Anogeissus leiocarpus* et *Detarium microcarpum* dominants, avec *Securidaca longipedunculata*, *Ziziphus mauritiaca*, *Grewia mollis*, *Gardenia sp.*

La strate arborée est claire ; elle comprend : *Daniellia oliveri*, *Khaya senegalensis*, *Butyrospermum parkii*, *Prosopis africana*, *Anogeissus leiocarpus* et un *Acacia seyal*.

La strate herbacée est constituée essentiellement de grandes andropogonées vivaces en grosses touffes surélevées.

La surface présente une croûte brune bosselée, avec quelques sables déliés par-dessus.

- 0 à 8 cm : Horizon humifère, lessivé ; gris (10 YR 5,5/1 ; 3/2 humide) ; sableux ; structure fondue à faible tendance polyédrique moyenne ; peu dur ; peu poreux de type mixte ; chevelu racinaire dense avec quelques racines moyennes. Passage tranché et régulier à :
- 8 à 23 cm : Horizon lessivé encore humifère ; gris à gris-brun clair (10 YR 6/1,5 ; 3,5/2 humide) ; mêmes texture et structure ; peu dur ; faiblement poreux, de type mixte ; racines et radicelles denses. Passage tranché et régulier à :
- 23 à 37 cm : Horizon lessivé ; brun pâle (10 YR 6/2,5 ; 4/3 humide), présentant un réseau plus clair, diffus, plus sableux et plus poreux ; sableux ; structure polyédrique moyenne, faiblement développée ; peu dur ; assez poreux, de type lacunaire avec aussi quelques pores tubulaires moyens ; fines racines assez nombreuses. Passage tranché et régulier à :

- 37 à 57 cm : Base de l'horizon lessivé plus éclaircie ; brun plus pâle (10 YR 6,5/3 ; 5/4 humide), avec un réseau clair plus développé, plus sableux, poreux, fragile ; même structure d'ensemble ; structure polyédrique moyenne, moyennement développée ; dur ; assez poreux ; enracinement fin et moyen assez dense à développement vertical. Passage tranché et régulier à :
- 57 à 81 cm : Horizon de transition, avec début d'accumulation diffuse et engorgement ; même couleur brun pâle avec des remplissages sableux clairs dans des canalicules et de rares petites concrétions noires, faiblement cimentées à contour brun diffus mais distinct ; sableux légèrement argileux ; structure polyédrique moyenne, moyennement développée ; peu dur ; assez poreux par les remplissages et des pores tubulaires ; enracinement fin peu dense mais bien ramifié. Passage distinct et régulier à :
- 81 à 108 cm : Horizon d'accumulation surtout diffuse d'argile avec ségrégation des sesquioxides ; brun très pâle (10 YR 7/3 ; 6/3 humide) avec des petites taches jaunes à rouge-jaune (10 YR 6/8 à 5 YR 5/8), distinctes, diffuses, assez nombreuses ; et des petites concrétions noires, peu cimentées, peu nombreuses ; sablo-argileux ; présence de quelques films argileux ; structure polyédrique grossière moyennement développée ; dur ; assez poreux, surtout par pores tubulaires ; racines moyennes assez nombreuses et radicelles à développement subhorizontal. Passage tranché et régulier à :
- 108 à 190 cm : Horizon d'accumulation d'argile différencié en pseudo-gley à fort concrétionnement ; gris clair (10 YR 7/2 ; 6/3 humide) avec deux types de concrétions ; rouges (jusqu'à 10 R 4/8), nettes et frappantes, abondantes, petites à moyennes, peu cimentées, à cassure hétérogène jaune-rouge à rouge ; noires, moins nombreuses, également dispersées dans l'horizon et peu cimentées, peu abondantes, avec un mince cortex brun-rouge ; argilo-sableux ; structure polyédrique moyenne à grossière, moyennement développée avec une surstructure prismatique très large (fentes non ouvertes mais soulignées par une fine couche de sable friable en revêtement sur les faces des prismes) ; très dur ; assez poreux, de type tubulaire fin ; canalicules abondants de 2 à 3 mm, avec des remplissages sableux ; quelques rares radicelles fines. Passage diffus et régulier à :
- 190...220 cm : Alluvion sablo-argileuse différenciée en gley ; blanche (10 YR 8/1 ; 6/3 humide) fortement tachée et concrétionnée de même façon, mais les taches sont plus petites et plus jaunes (maximum 5 YR 4/6), peu cimentées, tandis que les concrétions noires, mamelonnées, sont plus cimentées ;

structure polyédrique fine faiblement développée ; dur ; peu poreux, de type tubulaire ; avec une forte activité biologique : canaux contournés de 3-4 mm, nids, quelques remplissages ; peu de radicelles.

Morphologiquement, les profils de ce type sont caractérisés par :

- des horizons humifères gris à brun-gris (10 YR) assez épais - 20 à 25 cm - mais avec un horizon beaucoup plus foncé sur 0 - 10 cm environ,
- des horizons lessivés épais, fréquemment plus épais que ceux observés ici, atteignant couramment 70 à 80 cm. Ces horizons sont fortement lessivés et leur base est au moins aussi lessivée que leur sommet, et de couleur très claire,
- le passage aux horizons d'accumulation est tranché : ceci ne signifie pas qu'on passe tout de suite au maximum de l'accumulation, qui est ordinairement située au contraire autour de 150 cm. Ces horizons d'accumulation sont de couleur claire, dans les 10 YR, brun, brun-jaune au maximum. Le mode d'accumulation est diffus : on observe peu ou pas de revêtements argileux en dehors des niveaux d'action prolongée de la nappe différenciés en gley à la base des profils. Ceci explique en particulier que les ventres d'argile sont en général peu marqués : l'horizon d'accumulation passe continument au matériau originel gleyifié et les produits illuviaux sont redistribués par la nappe profonde, sinon exportés latéralement,
- l'expression de l'hydromorphie est toujours conforme à la séquence suivante :
 - . tout au sommet du niveau engorgé, on observe des concrétions noires nombreuses,
 - . puis un pseudo-gley typique, avec des couleurs de fond brun très pâle et des taches à dominante rouge (5 YR),
 - . enfin, un gley, avec des taches plus grandes, jaunes, sur un fond blanc ou gris très clair.
- dans le type moyen, le niveau à concrétions noires est localisé au sommet de l'horizon d'accumulation, tandis que le gley apparaît à la base du profil, dans le matériau originel.

b) Variations de la profondeur de l'hydromorphie et passage aux sols hydromorphes

A partir de ce type moyen, on a observé des variations dans les deux sens suivants :

- l'hydromorphie ne se manifeste qu'à plus grande profondeur : à la base des horizons d'accumulation à pseudo-gley, le matériau originel ne présente lui-même qu'un pseudo-gley ; ce cas est rare. On peut aller jusqu'à l'absence de taches dans l'horizon d'accumulation (NL 125).

- plus souvent, l'hydromorphie remonte dans le profil et le gley atteint au contraire la base des horizons d'accumulation qui deviennent difficiles à distinguer du matériau originel ; des taches jaunes peuvent alors apparaître tout à fait à la base des horizons lessivés (ex. : NL 88),
- au stade suivant, l'engorgement atteint la base des horizons lessivés, mais limite la profondeur des horizons lessivés par réduction du drainage interne : on passe alors aux sols hydromorphes, à horizons superficiels lessivés.

c) Faciès halomorphe solodisé, par action de nappe

On observe ces sols en position légèrement plus basse que les sols à simple pseudo-gley qui peuvent les dominer très légèrement ; ils sont donc en position intermédiaire entre ceux-ci et les sols hydromorphes des plaines inondables dont ils forment les bordures.

Au point de vue morphologique, le profil NL 97 Tchourgou , peut être pris comme référence:

- on observe une augmentation de l'intensité de lessivage avec la profondeur dans les horizons lessivés qui détermine à leur base jusqu'à un blanchiment poussé et une tendance nette à la structure particulière. Parallèlement, la base de ces horizons lessivés témoigne toujours de phénomènes d'engorgement, le pseudo-gley de profondeur atteignant le sommet des horizons d'accumulation,;
- le passage des horizons lessivés aux horizons d'accumulation, généralement tranché dans les sols ferrugineux tropicaux lessivés à pseudo-gley de profondeur, est ici brutal et ondulé : cette ondulation correspond à une structure grossièrement prismatique de l'ensemble des horizons d'accumulation (souvent de l'ordre d'un mètre de large, avec des fentes peu ouvertes), avec des sommets arrondis indiquant une tendance largement columnaire. Comme dans les solonetz solodisés, le sommet des colonnes est coiffé d'une croûte adhérente, mais dont l'épaisseur atteint ici 10 cm et dont la morphologie fait vraiment un horizon lessivé ; cet horizon descend en coin entre les colonnes, soulignant la courbure des sommets ;
- l'action de nappe est localisée de façon rigoureuse dans cet ensemble, la séquence des concrétions et des taches étant la même qu'en sols ferrugineux tropicaux lessivés à pseudo-gley : le niveau de concrétionnement est à cheval sur la base de l'horizon lessivé et le sommet de l'horizon d'accumulation ; on observe au-dessus de cette limite des taches jaunes dans les horizons lessivés éclaircis, rapidement diffusés vers le haut, mais remontant jusqu'à 50 - 60 cm ; en-dessous, on passe au pseudo-gley à taches rouges plus ou moins cimentées, puis au gley taché de jaune, avec des revêtements argileux gris épais, bosselés, surtout localisés dans les cavités, mais qui n'ont pas été observés de façon constante.

Ces sols, avec leurs horizons lessivés très épais et leurs caractères d'ensemble, apparaissent en définitive assez proches de "solods". Il est pourtant plus prudent de les classer sous la rubrique d'un faciès halomorphe solodisé par action de nappe de sols ferrugineux tropicaux lessivés.

Du point de vue gènèse, ils posent en effet un certain nombre de problèmes : l'analyse ne révèle pas en particulier de sodium dans leur profil, les sols halomorphes étant localisés dans le paysage à un liseré étroit, en position plus basse ; à ces positions correspondent des horizons lessivés peu épais, en rapport avec le drainage interne autorisé par la hauteur de l'engorgement dans le profil. Les nappes existant dans ces sols, comme les nappes perchées des sols ferrugineux tropicaux lessivés à pseudo-gley de profondeur, apparaissent certes en continuité avec les nappes libres des zones inondées. A ce titre, les sols de cette toposéquence peuvent être considérés comme les maillons successifs d'un système évaporatoire concentrant ces solutions. Mais on conçoit que vu l'épaisseur des horizons lessivés des sols ferrugineux tropicaux qui constituent un mulch, cette concentration ne puisse être que très limitée dans les sols à faciès solodisés considérés. Il se pose alors le problème de savoir si ce faciès n'est pas dû en partie à des actions anciennes.

d) Caractères analytiques des sols ferrugineux tropicaux lessivés à pseudo-gley de profondeur sur alluvions

Au point de vue granulométrie, le lessivage se superpose mais recoupe parfois la variation verticale de l'alluvion caractérisée par une augmentation des sables grossiers en profondeur (cf figure 8 ; le cas le plus net est NL 97).

Les horizons lessivés ont en général moins de 5 % d'argile, moins de 3 à 4 % de limon et un rapport sables fins/sables grossiers compris entre 0,6 et 1,0. Les horizons d'accumulation sont plus ou moins argileux suivant la texture du matériau lui-même par rapport auquel ils accusent une très légère augmentation d'argile : la gamme est assez large, allant de 16 à 35 % d'argile ; les limons ne varient pas sur le profil ; mais le rapport sables fins/sables grossiers est compris entre 0,3 et 0,6 en profondeur.

Les taux de matière organique sont compris entre 0,5 et 1,2 % en surface ; tout donne à penser que le taux d'équilibre se situerait autour de 1 %, avec une décroissance lente dans les premiers horizons. Les C/N sont élevés, compris entre 16 et 23.

Les analyses de fer soulignent la dynamique de cet élément caractéristique : l'accumulation suit celle de l'argile ; les rapports fer libre/fer total sont assez élevés en surface et dans les horizons lessivés (0,60 à 0,70, exceptionnellement 0,80) et l'immobilisation dans les horizons d'accumulation se traduit ordinairement par un rapport compris entre 0,40 et 0,55 ; on remarque que cette immobilisation peut être intense dès le sommet des horizons d'accumulation, au-dessus du maximum d'argile,

ce phénomène étant favorisé par l'hydromorphie fréquemment exprimée dans ces niveaux par un concrétionnement.

La capacité d'échange reste faible, 3 à 6 mé. % en surface, suivant le taux de matière organique ; en général moins de 1,5 à 2 mé. % à la base des horizons lessivés, 3 à 5 mé. % à la base des profils, suivant le taux d'argile. A ces différents horizons caractéristiques correspondent les taux de saturation et les pH suivants :

horizons humifères : V = 70 à 80 % ; pH compris entre 6 et 6,5.

horizons lessivés : V = 50 à 60 % exceptionnellement 30 et 80 %
pH = 5,5 à 6,0 exceptionnellement 4,4 et 6,5 .

Il est remarquable de noter à ce propos que les horizons lessivés sont peu désaturés et peu acides, ce qui semble confirmer que le lessivage sur de grandes profondeurs est en partie hérité ; les sols à faciès solodisé présentent en particulier les mêmes caractères. Par ailleurs, la désaturation est encore forte au sommet des horizons d'accumulation pour les sols où l'hydromorphie remonte peu dans le profil ; la dynamique des bases paraît sous la dépendance étroite de ces phénomènes d'hydromorphie avec dans certains cas, possibilité d'exportation verticale ou latérale par la nappe, à l'extérieur du profil.

L'équilibre des bases est caractérisé par une très nette prédominance du Ca avec des rapports Ca/Mg atteignant plus de 10 en surface, mais en général inférieurs à 3 en profondeur. Les taux de K échangeable témoignent de la pauvreté de ces sols ; en général moins de 0,05 mé. % en surface et de 0,1 à 0,2 en profondeur ; on n'a jamais observé de taux de Na supérieurs à 0,04 mé. %.

En surface, la teneur en P₂O₅ total est au plus égale à 0,15 ‰, ce qui représente une valeur cependant moyenne compte tenu des taux d'azote.

L'indice structural est médiocre en surface, avec une instabilité moyenne et une perméabilité faible ; dans les horizons d'accumulation, on observe une augmentation de la perméabilité mais l'indice structural devient mauvais car il atteint des valeurs de 2.

e) Les sols ferrugineux tropicaux lessivés à pseudo-gley de profondeur sur matériau dérivé du continental terminal

- Du point de vue morphologique, ils présentent une différence avec ceux précédemment étudiés : quand on a un simple pseudo-gley, le passage est progressif entre les horizons lessivés et les horizons d'accumulation, faisant suite en cela aux sols ferrugineux tropicaux lessivés sans concrétions sur le même matériau, qui les dominent immédiatement dans le paysage.

- On observe le même type de transition vers les sols hydromorphes lorsque le niveau de l'engorgement remonte dans le profil en limitant le lessivage (NL 20 Goundi). Un autre passage vers les sols hydromorphes s'observe ici dans les points bas des talwegs des Koros : le niveau d'engorgement restant profond, mais le pédoclimat étant beaucoup plus humide du fait des apports latéraux, il se différencie des sols à horizons lessivés profonds et gley de profondeur (NL 2 Goundi). Enfin, mais surtout sur le glacis, on observe l'existence de faciès halomorphes solodisés comparables à ceux observés sur alluvion et en position comparable (NL 77 Goundi) ; le passage des horizons lessivés profonds aux horizons d'accumulation, est alors brutal et ondulé.
- Sous le rapport analytique enfin, ces sols sont comparables à ceux sur alluvions, à ces différences près :
 - . le matériau originel va plus fréquemment jusqu'à des textures argilo-sableuses
 - . les horizons lessivés sont en général nettement plus désaturés.
 - . l'immobilisation du fer est surtout nette à la base des profils, mais on doit souligner que par rapport aux autres sols sur continental terminal où les rapports fer libre/fer total sont toujours très élevés, ils ne dépassent pas ici 70 %, sauf dans certains horizons intensément lessivés correspondant au faciès halomorphe.

f) Autres types de sols ferrugineux tropicaux lessivés
(non cartographiés)

- Sur les alluvions récentes du Chari, cartographiées en un complexe de vertisols hydromorphes, solonetz solodisés hydromorphes et sols hydromorphes lessivés à pseudo-gley de profondeur qui occupent les bourrelets bas du modelé, on observe sur certains de ces bourrelets mieux drainés des sols ferrugineux tropicaux lessivés, dont l'extension est réduite.

Nous avons observé en particulier sur alluvion sableuse, des phénomènes d'accumulation discontinue en raies, nulle part constatés ailleurs (NL 101 Niou).

On a vu que le glacis ouest du massif de Niellim est constitué par des surfaces résiduelles à cuirasse ferrugineuse ancienne, alternant avec un réseau de plaines inondables drainant l'ensemble ; au contact de ces deux unités, on observe sur des colluvions ceinturant les zones d'inondation, des sols ferrugineux tropicaux à cuirassement actuel (NL 110 Falgue). Leur extension est minime, mais ils permettent de préciser la dynamique du fer migrant à partir des cuirasses anciennes pour s'accumuler dans ces points privilégiés (voir fig. 15, page 91).

g) Conclusions sur les sols ferrugineux tropicaux lessivés

En guise de conclusion, on peut schématiser de façon synthétique la répartition des unités étudiées jusqu'à présent. Ce schéma exprime leurs relations pédogénétiques mutuelles et il est intéressant de tenter d'exprimer les actions de nappe supposées, de localiser les zones d'accumulation actuelle absolue des sesquioxides par lessivage oblique et les points où se manifestent des phénomènes d'halomorphie, par concentration locale des nappes d'eau libre.

On doit rappeler à ce sujet que les phénomènes d'halomorphie paraissent surtout actifs sur les bordures immédiates des zones inondées où les nappes sont proches de la surface ; ces sols halomorphes vont faire l'objet du chapitre suivant.

Cartographie des sols ferrugineux tropicaux lessivés à pseudo-gley de profondeur

Les sols de ce type, sur matériau dérivé du continental terminal, sont localisés dans le système des Koros dans les points bas des talwegs. On les retrouve à la base du glaciaire des Koros, mais le passage aux alluvions est insensible et complexe et la limite est difficile à déterminer avec précision.

Ces mêmes sols sur alluvions correspondent aux grandes plaines sableuses exondées des systèmes alluviaux anciens, morcelés par le réseau hydrographique qui est localisé dans les larges basses plaines argileuses (Ba Illi et Bahr Korbol) dans le système du Ba Illi. Dans le centre nord et le nord-ouest de la carte, le niveau général de l'hydromorphie remonte fréquemment dans les profils donnant une plus forte proportion de sols hydromorphes lessivés à pseudo-gley de profondeur. Dans ces zones, on a été amené à cartographier en association des sols ferrugineux tropicaux lessivés à pseudo-gley profond et des sols à hydromorphie de profondeur lessivés en surface.

L'importance relative de cette catégorie de sols ferrugineux tropicaux est considérable, puisqu'en exprimant leur extension en % de la surface totale de la carte, on obtient :

- sur matériaux dérivés du continental terminal ou alluviaux	11 %	} environ
- sur alluvions - en unité pure	15,9 %	
- en association 3,2 % au total, soit environ	2 %	

Utilisation des sols ferrugineux tropicaux lessivés à pseudo-gley de profondeur

L'exploitation traditionnelle de ces sols comporte le coton, suivi de plusieurs années de cultures vivrières : sorgho, arachide, manioc,

sorgho et manioc revenant souvent plusieurs fois, soit 3 à 5 ans de culture avant le retour à une jachère arbustive de 3 à 10 ans suivant la situation et la densité de population.

Cette utilisation en culture sèche correspond à la vocation effective de ces sols ; encore faut-il en préciser les limites et les conditions d'amélioration.

Sous l'aspect physique, ces sols sableux superficiellement présentent l'incontestable avantage d'être faciles à travailler, avec pour corollaire l'inconvénient d'être susceptibles à la dégradation superficielle, la matière organique rapidement minéralisée étant le seul facteur structural. Le profil hydrique n'est que moyennement favorable ; les horizons lessivés profonds sont bien drainés mais ils ne stockent qu'une quantité d'eau limitée ; les horizons d'accumulation ont fort peu de chance d'être efficacement prospectés et utilisés, car trop profondément situés pour la plupart des plantes, colmatés sinon asphyxiés, durs et présentant une limite supérieure tranchée très défavorable pour l'implantation des racines et surtout des pivots. Pour éviter l'effet néfaste des sécheresses de fin de saison pluvieuse, les semis devront être effectués avec le maximum de précocité compatible avec la distribution des premières pluies permettant une bonne levée.

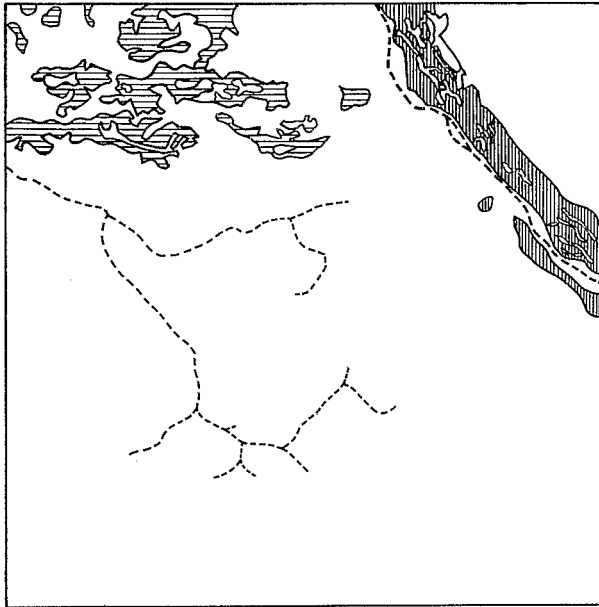
Ce profil hydrique conditionnant directement l'enracinement détermine donc l'utilisation des éléments minéraux du sol par les plantes. Les horizons lessivés sont moyennement désaturés mais pauvres en valeur absolue, tandis que l'accumulation des bases est très profonde. L'exploitation traditionnelle trop intensive ne peut dans ces conditions que conduire à des rendements très vite médiocres. En dehors de techniques modernes de fertilisation, la jachère boisée doit être longue, pour remonter efficacement les bases et la strate herbacée protégée pour reconstituer le stock organique, le complexe absorbant et la structure. Vue la pauvreté de ces sols en potasse et leur niveau très moyen en acide phosphorique, un compromis efficace et rentable serait la jachère de durée moyenne et l'utilisation du fumier sur les cultures, sinon une fertilisation chimique équilibrée.

VI - SOLS HALOMORPHES

Dans la classe des sols halomorphes "sont inclus des sols dont les caractères essentiels d'évolution sont soit la richesse en sols solubles, soit la richesse en sodium échangeable d'au moins un horizon... y provoquant la formation d'une structure massive, diffuse". On distingue deux sous-classes correspondantes : la première ne comprend que les sols salins ; la seconde tous les sols à alcalis.

Les sols halomorphes observés sur la feuille Niellim sont tous des sols à structure modifiée, lessivés à alcalis, du type solonetz solodisé hydromorphe.

SOLS HALOMORPHES
solonetz solodisés hydromorphes sur alluvions



En association avec des sols à gley



En association avec des vertisols hydromorphes et des sols hydromorphes lessivés

Fig. 13

Le profil des solonetz solodisés est caractérisé par la présence d'une structure en colonnes au sommet des horizons d'accumulation et d'un horizon A2 clair et acide à la base des horizons lessivés, résultat de la solodisation. Ce processus consiste en une dégradation très poussée des silicates en milieu alcalin, qui par le jeu de lessivage ne laisse en place que de la silice, tous les autres éléments libérés étant entraînés. Le terme hydromorphe indique que la concentration de l'ion sodium qui tend à saturer le complexe absorbant est réalisé à partir de nappes temporaires dans des positions privilégiées (BOCQUIER 1964). Ainsi sur la feuille Niellim, ces sols sont limités aux bordures des zones d'inondation et à des petites éminences exondées, où se réalisent préférentiellement les concentrations à partir de nappes peu profondes, les sols admettant un drainage interne à leur partie supérieure. Les profils les mieux caractérisés sont localisés dans le complexe des alluvions récentes du Chari, qui seront essentiellement étudiés ici.

A propos des sols hydromorphes, on verra l'existence fréquente de phénomènes de solodisation, mais par place et allant rarement jusqu'aux solonetz solodisés.

a) Morphologie

Profil NL 105 Niou

- situé 8,5 km au N.N.W. de Niou par la piste de Korbol, en bordure d'une zone inondable, sur une surface présentant une pente de 1 % faisant le raccord à un bourrelet peu marqué.
- Alluvion argileuse.
- Savane arbustive à *Lannea* et *Combretum aff glutinosum*, avec une strate arborée claire à *Anogeissus leiocarpus* et *Sterculia setigera*.

En bosquets sur les termitières, on observe également *Acacia seyal*, *Balanites aegyptiaca*, *Dichrostachys glomerata* et *Boscia senegalensis*.

La strate herbacée est brûlée, et la surface du sol complètement nue.

Surface : caractérisée par une croûte brun-noire, localement squameuse, et une forte érosion en nappe.

0 à 3 cm : Horizon humifère lessivé, érodé ; brun-gris (10 YR 4,5/2 ; 4/3 humide), d'aspect très vaguement hétérogène en rapport avec des remplissages et des zones plus ou moins poreuses, les zones les moins poreuses étant plus sombres ; finement sableux ; structure en une lamelle unique de 3 cm donnant ensuite un débit anguleux ; poreux de type mixte, avec de fins canalicules biologiques ; chevelu racinaire fin assez dense, oblique à horizontal. Passage brutal et ondulé à un horizon colonnaire 3-23 cm pouvant se subdiviser en deux sous-horizons eux-mêmes composés :

3 à 13 cm : Horizon colonnaire d'accumulation d'argile à forte ségrégation d'hydroxydes au sommet, et surmonté d'une croûte de solodisation éclaircie :

- cette croûte de solodisation, de 1 à 4 mm d'épaisseur recouvre le sommet des colonnes et descend latéralement en coin ; elle est gris-brune (10 YR 4,5/2), finement bariolée de gris et jaune-rouge à sa base ; sableuse à sablo-argileuse ; fortement adhérente aux colonnes ; de structure fondue ; peu dure ; poreuse de type tubulaire et vésiculaire.
- L'horizon d'accumulation proprement dit est argilo-sableux, en colonnes de 5 cm de large environ, avec une sous-structure cubique moyenne, moyennement développée.

- Immédiatement sous la croûte, le sommet des colonnes présente le maximum de ségrégations ; brun-gris foncé (10 YR 4/2 ; 3,5/2 humide) avec des taches abondantes brun-rouge, petites et moyennes, distinctes mais vagues ; avec aussi de petites taches noires sphériques de 2 mm, à auréoles brun-rouge, distinctes et nettes ; et enfin des plages de solodisation éclaircies pouvant soit s'étendre à la surface des éléments cubiques, soit pénétrer dans la masse, allant de la fine ponctuation jusqu'à un réseau plus ou moins développé ; à la base de l'horizon, moins taché on observe des revêtements argileux brun-foncé, mats, mamelonnés, d'aspect verruqueux localisés sur les faces des cubes et surtout dans des fentes et cavités des agrégats ; très peu poreux, de type tubulaire assez grossier ; enracinement fin, peu dense. Passage distinct et un peu ondulé à :

13 à 23 cm : Horizon d'accumulation maximum d'argile, prismatique, continuant la structure colonnaire de l'horizon précédent, et avec de rares blanchiements latéraux ; brun-gris très foncé (10 YR 3/2 ; 3/2 humide) avec quelques taches moyennes brun-vif, vagues et très diffuses, et de très nombreux dépôts d'argile du type décrit précédemment ; argileux ; structure prismatique à sous-structure polyédrique moyenne engrenée ; très dur ; compact ; non carbonaté ; très fines radicules blanchâtres peu abondantes ; ramifiées, plaquées sur les faces structurales. Passage distinct et régulier à :

23 à 46 cm : Base de l'horizon d'accumulation d'argile brun-gris foncé (10 YR 4/2 ; 3,5/2 humide) avec des petites taches jaune-brunes, diffuses et vagues, et des revêtements argileux moins abondants ; argileux ; structure polyédrique fine engrenée bien développée ; très compact avec rares pores tubulaires ; non carbonaté ; même type d'enracinement que dans l'horizon précédent. Passage distinct et régulier à :

46 à 125 cm : Pseudo-gley de profondeur ; brun-gris foncé (10 YR 4/2 ; 3,5 humide) avec quelques petites taches brun vif, vagues et diffuses et quelques taches noir-bleuté, très fines, distinctes et nettes, plus nombreuses vers la base où elles présentent un aspect dendriteux ; quelques très rares revêtements argileux ; structure polyédrique fine engrenée, bien développée ; très dur ; compact ; non carbonaté ; même enracinement très fin, peu dense. Passage graduel et régulier à :

125 à 155 cm : Matériau originel différencié en pseudo-gley : horizon hétérogène, constitué de la juxtaposition de zones plus argileuses brun-gris, et de passées plus limoneuses gris

clair à nombreuses petites taches brun vif (7,5 YR 5/6) et noires, frappantes et assez nettes, de forme très irrégulière ; argileux dans son ensemble ; structure polyédrique moyenne, moyennement développée, avec quelques patines argileuses ; très dur ; compact ; quelques canalicules de 2-3 mm à remplissage sableux clair ; non calcaire ; très peu de racines. Passage graduel à :

155 observé jusqu'à 170 cm. Alluvion finement sablo-limoneuse ; gris clair (10 YR 7/2 ; 6/3 humide) à taches brun vif (7,5 YR 5/5), moyennes, frappantes, diffuses ; massive ; très dure ; avec quelques pores tubulaires.

On note nettement les caractères morphologiques suivants, à peu près constants :

- croûte superficielle.
- horizons lessivés très peu épais, tronqués par érosion. Ils peuvent se réduire dans certains cas à la croûte superficielle.
- croûte de solodisation blanche nette, adhérente au sommet des colonnes sous-jacentes et descendant sur leurs faces latérales.
- le sommet des colonnes correspond surtout à une accumulation d'hydroxydes avec concrétionnement.
- l'accumulation d'argile lui succède tandis que la structure passe à prismatique puis polyédrique fine.

Dans ce profil, on note une descente du phénomène de solodisation sur les faces de la sous-structure, au sommet des colonnes et suivant un réseau qui correspond à un approfondissement du profil.

Par contre, il n'y a pas de carbonates qu'on observe généralement dans les autres profils à la base de l'accumulation d'argile, dans les horizons à structure polyédrique.

b) Caractères analytiques

Les horizons lessivés sont sableux mais contiennent souvent autour de 10 % d'argile ; leur taux de matière organique est compris entre 1 et 2 %, avec des C/N de 11 à 14. En rapport sans doute avec leur très faible épaisseur, ils sont peu désaturés et leur pH est compris entre 6 et 6,5.

Le taux d'argile exprime mal l'accumulation maximum morphologiquement nette, et l'alluvion montre fréquemment une augmentation progressive avec la profondeur ; mais on note un appauvrissement relatif en argile assez net du sommet des colonnes. Dans ce niveau, l'analyse souligne l'immobilisation du fer observée, qui se poursuit jusqu'à la base des profils ; on atteint fréquemment les rapports fer libre/fer total de 0,40.

Au point de vue saturation et pH, le sommet des colonnes est très légèrement acide, proche de la saturation, avec des valeurs Na/T inférieures ou égales à 10 % ; on passe rapidement ensuite à des horizons alcalins et saturés ; à la base des colonnes et juste en-dessous de l'accumulation maximum d'argile, on a l'accumulation de sodium avec des Na/T de 12 % environ et des pH alcalins. Dans le cas d'accumulation de carbonates, on atteint dans les horizons de pseudo-gley sous-jacents des pH supérieurs à 8, tandis que dans le cas contraire on peut observer une légère acidité avec une désaturation sensible. Les taux de sodium restent élevés dans ces horizons et on repasse généralement à des rapports Na/T supérieurs à 12 % dans le matériau originel. Dans ces alluvions, les taux de potasse échangeable sont satisfaisants. Le structure de ces sols est instable et la perméabilité faible.

c) Extension - Cartographie - Utilisation

Ces solonetz solodisés hydromorphes sur alluvions récentes sont essentiellement localisés dans le système du Chari, suivant une bande surtout développée sur la rive droite, large de 6 à 8 km. C'est une unité morcelée, réduite aux bordures des zones inondables et aux bourrelets peu élevés, associée topographiquement à des vertisols ou sols à hydromorphie d'ensemble en position basse et à des sols lessivés à hydromorphie de profondeur, plus rarement à des sols ferrugineux tropicaux lessivés, en position plus haute. Cette unité a été cartographiée sous forme d'une association des trois termes dominants : vertisols hydromorphes, solonetz solodisés hydromorphes, sols lessivés à hydromorphie de profondeur, qui ne représente en tout que 4 % de la surface de la carte.

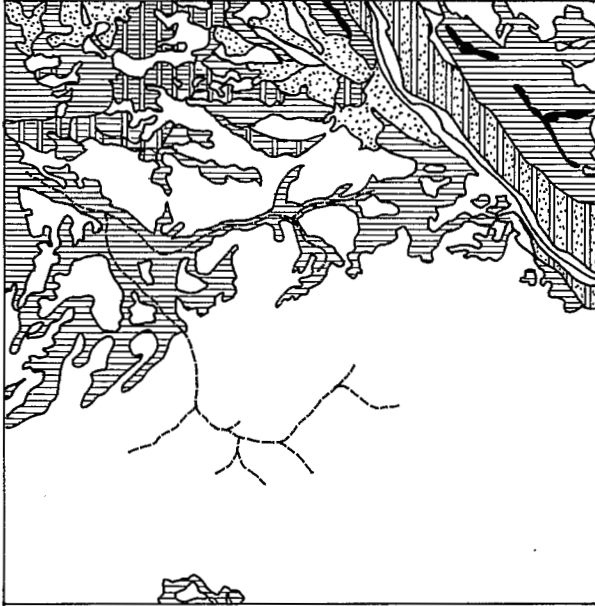
Ces sols ne sont pratiquement pas utilisés et ils ont effectivement une vocation pastorale et forestière. C'est surtout leur profil hydrique défavorable et l'érosion superficielle qui lui est liée qui en constitue le facteur limitant : l'eau pénètre mal les horizons d'accumulation qui constituent déjà par leur consistance un niveau difficilement exploitable par les racines. Ce sont pourtant des sols riches et on peut estimer que les taux de sodium élevés n'empêchent pas l'assimilation du calcium par les plantes ; ainsi des techniques adaptées de sous-solage pourraient créer une structure fragmentaire et une meilleure répartition de l'eau, permettant de cultiver en particulier coton, sorgho et maïs.

Dans l'ensemble alluvial ancien, drainé par le système du Ba Illi, on observe également, en position analogue, des solonetz solodisés hydromorphes de caractères comparables à horizons lessivés peu épais ; les structures columnaires y sont ordinairement moins développées, mais ils sont aussi durs et aussi compacts, avec une limite supérieure brutale et ondulée. Dans la partie sud de cet ensemble alluvial où le modelé est assez vigoureux, ils ne représentent autour des zones inondées qu'un liseré très restreint qui n'a pas été cartographié ; dans la partie nord, on a cartographié une association de solonetz solodisés hydromorphes et sols à hydromorphie d'ensemble, à gley, représentant 4 % de la surface de la carte.

Les données relatives à l'utilisation de ces sols sont les mêmes que celles mentionnées précédemment.

VII - SOLS HYDROMORPHES

SOLS HYDROMORPHES



Hydromorphie d'ensemble : Sols à Gley



En unité pure



Associés à des Solonets solodisés hydromorphes

Hydromorphie de profondeur et lessivés en surface



Associés à des Sols ferrugineux tropicaux lessivés à pseudogley de profondeur



Associés à des Vertisols hydromorphes et des Solonets solodisés hydromorphes

Fig. 14

La classe des sols hydromorphes correspond à des sols dont l'évolution est dominée par la présence dans le profil d'un excès d'eau dû soit à une nappe, soit à un engorgement. Ces conditions modifient surtout la dynamique des matières organiques, du fer, et d'autres éléments mobiles comme les carbonates ou les sels. Au niveau de la sous-classe, on distingue les sols hydromorphes organiques et les sols hydromorphes à richesse organique moyenne (semi-tourbeux), ou faible (minéraux).

Dans la région de Niellim, on a uniquement affaire à des sols hydromorphes minéraux.

Les groupes et sous-groupes sont définis suivant la localisation dans le profil des caractères d'hydromorphie, l'origine de l'excès d'eau et l'expression morphologique des phénomènes. Les modifications apportées à la dynamique du fer provoquent en particulier l'existence de deux types d'horizons caractéristiques définis :

- Les horizons de gley dans lesquels les conditions réductrices prolongées font passer le fer à l'état ferreux. Ceci conduit à des couleurs grises dominantes par rapport aux zones oxydées colorées, peu étendues et localisées.
- Les horizons de pseudo-gley dans lesquels les engorgements périodiques créent des alternances de conditions réductrices et oxydantes avec redistribution des hydroxydes. Ce sont des horizons bariolés de teintes vives et grises où la teinte grise ne domine plus.

On a essentiellement distingué dans la carte de Niellim :

- des sols à hydromorphie de profondeur : le processus d'hydromorphie s'exprime à la base des profils par l'existence d'un gley ou d'un pseudo-gley de profondeur. Très généralement, les horizons superficiels sont lessivés.
- des sols à hydromorphie d'ensemble : le processus d'hydromorphie affecte la totalité du profil. Tous les sols de cette catégorie observés dans la région de Niellim correspondent à des zones plus ou moins longuement inondées et présentent un gley de profondeur. Ce gley peut envahir l'ensemble du profil, ou être surmonté d'un pseudo-gley avec ou sans gley de surface.

Les phénomènes de lessivage sont rares et peu marqués dans ces profils à l'exception de certains cas où on observe des processus d'halomorphie et plus précisément de solodisation.

1- Les Sols à hydromorphie de profondeur, lessivés dans les horizons superficiels

Ce type de sols a déjà été évoqué dans l'étude des sols ferrugineux tropicaux lessivés à pseudo-gley de profondeur, comme résultant par rapport à ceux-ci, de la remontée du niveau de l'engorgement dans le profil.

Il en a été observé sur matériau argilo-sableux dérivé du continental terminal (NL 20 Goundi) et sur alluvion argilo-sableuse (NL 128 Tchourgou), de beaucoup plus importants.

Par rapport aux sols ferrugineux tropicaux lessivés auxquels ils sont fréquemment associés, ils correspondent en même temps à des matériaux originels un peu plus argileux, moins perméables, et à une position topographique plus basse dans le modelé, permettant un moins bon ressuyage ; c'est à ces deux facteurs que l'on doit la remontée de l'engorgement dans les profils.

La végétation est à peu près la même que sur sols ferrugineux tropicaux lessivés à pseudo-gley : physionomiquement, c'est une savane arborée, qui s'éclaircit quand les conditions d'hydromorphie deviennent plus sévères ; floristiquement, la dominance de combretacées est nette surtout *Anogeissus leiocarpus*, *Terminalia avicenioides*, *Combretum sp* ; à l'engorgement à moyenne profondeur est souvent liée la présence abondante de *Bauhinia reticulata* et *Gardenia sp*.

La morphologie de ces sols (NL 20 Goundi - NL 128 Tchourgou) est apparentée à celle des sols ferrugineux tropicaux lessivés à pseudo-gley de profondeur : la séquence des ségrégations est la même, de haut en bas, on observe :

- à la base des horizons lessivés, des petites taches jaunes-brunes liées aux racines, puis diffuses,
- puis, un pseudo-gley typique à taches rouges à rouge-jaune avec concrétionnement noir et rouge à sa base, correspondant au sommet de l'action d'engorgement prolongé,
- enfin, un gley, gris à grandes taches jaunes, à la base du profil.

Les horizons humifères lessivés font 25 à 30 cm d'épaisseur et présentent ordinairement une forte activité biologique ; les premières traces d'hydromorphie apparaissent vers 30 cm et le pseudo-gley vers 45 à 60 ; le gley se situe entre 100 et 150 cm ; ordinairement le lessivage est net dans les 30 premiers cm, tandis que l'horizon légèrement taché constitue une transition texturale ; on n'observe pas d'accumulation d'argile individualisée dans le pseudo-gley, mais le gley présente des revêtements et amas nets.

Les analyses montrent une variation des taux d'argile encore assez étroitement corrélatrice de celle du rapport sables fins/sables grossiers (cf figure 8) et il est probable qu'une variation verticale du matériau contribue largement à orienter la pédogenèse vers cette différenciation. Les taux de matière organique observés sont relativement faibles, compris entre 0,5 et 1 %, avec des C/N de 12 à 20.

Ces sols sont faiblement acides et désaturés dans leurs horizons lessivés, la désaturation maximum s'observe dans les pseudo-gley, tandis que l'accumulation se produit dans le gley de profondeur. Sous le rapport des réserves minérales, en particulier en acide phosphorique et potasse, ces sols hydromorphes sont proches des sols ferrugineux tropicaux lessivés à pseudo-gley.

Leur utilisation actuelle et potentielle en est également proche ; la différence essentielle réside dans leur profil hydrique différent : le sorgho pluvial est sans doute la plante susceptible de les utiliser le plus profondément et le mieux, alors que le coton nécessite pour s'implanter et se développer correctement, que le pseudo-gley soit à plus de 50 cm de profondeur.

La cartographie n'a pas mis en évidence d'unité pure de ces sols hydromorphes lessivés; ils entrent dans deux associations, localisées à la partie nord de la carte Niellim, sur alluvion, dans des zones où le modelé détermine des drainages localement médiocres.

Dans l'une, ils occupent les points bas du modelé tandis que les points hauts portent des sols ferrugineux tropicaux lessivés à pseudo-gley, pour 30 % au maximum de la surface elle-même réduite en valeur absolue : 40 000 ha, soit 3,2 % de la carte.

Dans l'autre, ils correspondent aux bourrelets dans les alluvions récentes du Chari, associés à des solonetz solodisés et des vertisols hydromorphes; là aussi ils ne représentent sans doute pas plus du tiers de cette surface totale qui est de 50 000 ha, soit 4 % de la carte.

Cette unité est donc relativement peu importante, puisqu'on peut estimer son extension totale à 30 000 ha, soit 2,5 % de la carte.

Un second type de sol hydromorphe lessivé a été signalé à propos de l'étude des sols ferrugineux tropicaux lessivés sur matériau dérivé du continental terminal : il s'agit de sols profondément lessivés (NL 2 Goundi) dans lesquels les horizons lessivés sont en même temps très profonds - de l'ordre de 1 mètre - et où le lessivage est très intense; en-dessous des horizons humifères relativement bien rechargés en bases, les coefficients de saturation atteignent 20 à 30 %. L'hydromorphie apparaît à la base des horizons lessivés et les horizons d'accumulation profonds présentent un pseudo-gley au-dessus d'un gley dans le matériau originel.

Ces sols d'extension restreinte, non cartographiés, sont assez proches des sols lessivés à gley de profondeur, souvent appelés sols gris lessivés de bas-fonds et qu'on observe couramment en zone proprement ferrallitique. Ils présentent ici deux caractères particuliers :

- la présence de raies d'accumulation dans les horizons lessivés profonds est fréquente.
- ces horizons lessivés sont fréquemment caractérisés par un tassement qui fait disparaître leur porosité acquise.

Du point de vue utilisation, toute la potentialité de ces sols profondément lessivés réside dans leur horizon humifère assez épais que la mise en valeur doit viser à conserver par des techniques appropriées; la végétation forestière se réinstalle facilement (galeries) et ceci constitue une possibilité de régénération efficace.

2 - Les Sols à Hydromorphie d'ensemble

Tous ces sols présentent un gley de profondeur mais peuvent différer assez largement dans leur partie supérieure.

a) Sols à gley d'ensemble

Profil NL 49 Falgue

- situé 5,5 km au nord de Falgue, dans une grande dépression inondable axée E.W., drainée par un affluent du Ba Illi et bordée par le glacis cuirassé du Massif de Niellim.
- alluvion argileuse.
- savane très ouverte à *Terminalia macroptera*, avec quelques *Daniellia oliveri* et de rares *Combretum*. Souches de graminées vivaces exhaussées.

Surface : caractérisée par une grande abondance de touradons de vers de terre et de nombreuses petites termitières cylindriques de 20 cm de hauteur environ.

Croûte gris-noire avec des débris végétaux incrustés (inondation).

- 0 à 8 cm : Horizon humifère à gley ; gris (10 YR 5/1 ; 3/1) très peu taché sur les 2 premiers centimètres où on observe de nombreux canalicules à remplissage de même couleur grise, puis densément et finement taché suivant les racines de jaune-rouge, distinct et assez net ; finement sableux avec quelques sables grossiers ; structure polyédrique moyenne, moyennement développée ; peu dur à sec ; peu collant et peu plastique à l'état trempé ; assez poreux, par pores tubulaires moyens et canaux biologiques abondants, de 2 à 4 mm de section ; chevelu et radicelles denses. Passage distinct et régulier à :
- 8 à 21 cm : Horizon de gley, encore faiblement humifère ; gris (10 YR 7/2 ; 5/2 humide) ; à nombreuses taches jaune-rouge linéaires, nettes et distinctes, toujours disposées suivant les racines, mais avec cependant quelques canalicules de racines non tachés ; finement sableux à sablo-argileux avec quelques sables grossiers ; structure polyédrique moyenne à grossière, moyennement développée ; peu dur à dur en sec ; peu collant et peu plastique à l'état trempé ; assez poreux de type tubulaire moyen ; continuation du chevelu encore assez dense. Passage tranché et régulier à :
- 21 à (60) cm : Horizon de gley ; gris-clair (10 YR 6, 5/2 ; 5/2 humide), à taches très nombreuses jaune-rouge plus vif, frappantes et nettes, linéaires suivant les canalicules de racines, et à taches moyennes, de formes irrégulières, dans les mêmes tons, diffuses et vagues, dispersées dans la masse ; argilo-sableux avec augmentation relative des sables grossiers ; structure polyédrique moyenne, moyennement développée ;

sous-structure polyédrique fine ; peu dur en sec ; collant et peu plastique à l'état trempé ; peu poreux de type tubulaire ; radicelles moyennement denses, bien ramifiées et pénétrant bien la masse. A 60 cm, limite tranchée et ondulée de la frange capillaire :

(60) à 97 cm : Suite du même horizon de gley, observé humide ; gris-brun clair (10 YR 6/2,5 humide), avec augmentation des taches moyennes jaune-rouge qui passent à distinctes et assez nettes ; argilo-sableux avec encore une augmentation relative des sables grossiers ; structure polyédrique moyenne ; très friable à l'état trempé ; radicelles peu abondantes mais encore ramifiées. Passage distinct et ondulé à :

97 à 125 cm : Horizon de gley à concrétions ; gris clair (2,5 Y ; 7,5/2 humide) à taches moyennes, rouge-jaune (5 YR 4/7), moyennes à grandes, abondantes, frappantes et nettes, à contour mamelonné, souvent indurées et passant à de grosses concrétions atteignant 4 cm, à noyau noir, moyennement cimentées ; même texture ; structure de type polyédrique, difficilement observable (très humide) ; collant ; peu plastique ; quelques rares pores tubulaires ; très peu de racines. A 125, niveau de la nappe phréatique, très chargée en colloïdes.

Sondage 125 à 320 cm. Passage progressif à une alluvion argileuse gleyifiée sans concrétionnement, grise (2,5 Y 8/0 ; 7/1 humide), à taches jaunes (10 YR 6/6 ; 6/9) la proportion et la taille des sables quartzeux anguleux augmentent régulièrement, passant à des petits graviers.

Ce profil se caractérise par sa couleur grise générale et dans l'ensemble très claire, qui traduit l'intensité des phénomènes de réduction. On note en particulier en surface la localisation des zones oxydées aux seuls pores tubulaires. La nappe n'est encore qu'à 1,25 mètre de profondeur le 11 février ; on peut précisément estimer que sa zone de battement maximum se situe entre 100 et 125 cm où on observe un concrétionnement abondant ; en-dessous, le gley est typique, gris très clair à taches jaunes.

Rien ne permet d'invoquer un lessivage pour expliquer les taux d'argile nettement plus faibles sur les 20 premiers centimètres ; dans ces horizons, la proportion relative de sables fins est 3 à 4 fois plus élevée que dans les horizons sous-jacents et on aurait affaire à une concentration d'origine biologique (vers de terre, cf première partie page 24). |

La présence de graviers quartzeux à la base du profil (18 % à partir de 100 cm) s'explique par la proximité du massif granitique de Niellim.

b) Sols à gley de profondeur surmonté d'un pseudo-gley

- Sans gley de surface

Le profil NL 54 Niou, peut être pris comme exemple. En toute rigueur, il s'agit d'un sol à engorgement de profondeur car l'horizon humifère ne présente pas de traces d'hydromorphie; c'est un terme plus hydromorphe dans la progression sol ferrugineux tropical lessivé à pseudo-gley de profondeur, sol à hydromorphie de profondeur lessivé en surface et sol à hydromorphie d'ensemble. Dans ce profil, le pseudo-gley apparaît à 23 cm et le gley à 100; bien que les horizons humifères soient plus sableux, on ne met pas en évidence de phénomènes de lessivage. Ce cas est en fait assez rare et d'extention réduite.

- Avec gley de surface

C'est de loin le cas le plus fréquent observé dans la région de Niellim.

Morphologie

Profil NL 79 Goundi

- situé 17,5 km au nord de Goundi, dans une plaine alluviale inondée du système du Ba Illi.
- alluvion argileuse.
- savane arborée claire à *Terminalia macroptera*, *Bauhinia reticulata*, *Tamarindus indica*, *Combretum sp.* et *Gardenia*, avec une strate herbacée constituée de grandes graminées vivaces denses, brûlées.

La surface est glacée, sans croûte vraie, avec un réseau local de fines craquelures; présence de termitières tronconiques de 40 cm de hauteur environ, assez abondantes.

- 0. à 11 cm : Horizon humifère à gley; gris foncé (10 YR 4/1,5; 3/1 humide), finement et assez densément taché de jaune-rouge, frappant et net, en taches linéaires allongées suivant le trajet des racines; argilo-sableux avec peu de sables très grossiers; structure polyédrique moyenne, fortement développée; dur; assez poreux, strictement de type tubulaire en rapport avec un chevelu fin dense. Passage tranché et régulier à :
- 11 à 23 cm : Horizon passant à un pseudo-gley; brun à brun-gris (10 YR 5/2,5; 4/3 humide), encore taché de jaune-rouge vif, frappant, disposé suivant les pores racinaires, et avec des taches moyennes rouges-brunes, diffuses, vagues, dispersées dans la masse; argileux; structure polyédrique

moyenne à fine, bien développée ; peu poreux, de type tubulaire fin ; radicelles moyennement abondantes. Le passage à l'horizon suivant se fait sur 20 - 25 cm, souligné par l'apparition de taches moyennes jaune-rouge, distinctes, irrégulières, abondantes.

- 23 à 61 cm : Horizon à pseudo-gley ; gris-brun clair (10 YR 6/2, 5/2) à taches nombreuses allant de petites à grandes, nettes et frappantes, brun-rouge (5 YR 5/3) à rouges (2,5 YR 4/6), devenant moins abondantes, plus petites, moins frappantes et passant à jaune vers la base ; argileux ; structure prismatique grossière à très grossière (5 à 25 cm) avec passage progressif d'une sous-structure polyédrique fine à cubique par fractionnement horizontal des prismes ; dur ; compact avec quelques pores tubulaires. Passage tranché et régulier à :
- 61 à 76 cm : Horizon de transition avec début de concrétionnement ; brun très pâle (10 YR 7/3 ; 6/3 humide) avec nombreuses taches petites à moyennes, nettes et frappantes, dispersées dans la masse ; jaune-rouge (7,5 YR 6/6) et présentant souvent un durcissement net, allant jusqu'à des concrétions cimentées, de même couleur, sans cortex ; présence d'un deuxième type de concrétions, moins cimentées, noires avec cortex brun-rouge (2,5 YR 3/4) de 1 à 2 mm d'épaisseur ; argileux ; structure cubique grossière à très grossière, fortement développée avec les faces horizontales présentant des patines argileuses mates, grises et de fines taches jaunes ; ces agrégats sont percés de pores tubulaires fins verticaux peu nombreux, et présentent une sous-structure polyédrique fine ; peu dur ; porosité réduite aux seuls tubes verticaux. Passage distinct et régulier à :
- 76 à 106 cm : Horizon de gley avec maximum de concrétionnement ; blanc (2,5 Y 8/2 humide) à taches abondantes, de mêmes modèle et couleur que dans le précédent horizon et avec des concrétions nombreuses, noires à cortex brun-rouge, cimentées, atteignant 2 cm ; même texture ; même structure prismatique à cubique grossière mais avec des patines argileuses grises et les petites taches jaunes sur toutes les faces ; faible porosité tubulaire verticale. Passage tranché et régulier à :
- 106 observé jusqu'à 145 cm. Horizon de gley ; blanc (2,5 Y 8/2 humide) avec des taches rouge-jaune (5 YR 5/8) abondantes, nettes et distinctes, moyennes et plus ou moins anastomosées ; d'autres, brun-rouge (5 YR 5/3), plus petites et plus diffuses ; et quelques rares concrétions noires ; argilo-sableux ; structure prismatique grossière à très grossière fortement développée, avec des sables grossiers incrustés

sur les faces latérales, allant jusqu'à des petits revêtements de sables libres ; débit cubique avec patines argileuses bien développées ; localement les prismes se débitent en écailles verticales de l'ordre de 1 cm d'épaisseur ; dur ; très peu poreux, de type tubulaire.

On note dans ces profils des séquences assez constantes de couleurs, ségrégations et structures :

- Le gley de surface est gris ou gris foncé avec des taches jaune-rouge liées à l'enracinement et présente une structure polyédrique ou massive.
- Le pseudo-gley, de couleur brune ou brun-grise est marqué par la superposition dans sa partie supérieure des mêmes taches, avec d'autres dispersées dans la masse, brun-rouge à rouge ; vers sa base, on observe un concrétionnement à partir de ces taches, souvent à centre noir. La structure dans le pseudo-gley est polyédrique bien développée, passant à prismatique avec une sous-structure cubique à polyédrique.
- Le gley, caractérisé par sa couleur grise très claire ou blanche, peut présenter encore des phénomènes de concrétionnement surtout à son sommet, mais le plus souvent on y observe uniquement des taches jaunes. La structure est du type à développement vertical, grossièrement prismatique, avec souvent de grandes lames verticales individualisées autour ; les sous-structures cubiques ou en plaquettes obliques sont fréquentes, de même que les patines argileuses et les descentes latérales de sable. En coupe, les gros prismes sont en général légèrement plus oxydés sur leurs bordures, que dans leur masse.

Sur l'ensemble des profils, la porosité est faible, de type tubulaire grossier, vertical, liée à l'enracinement.

Les variations concernent l'épaisseur relative de ces trois horizons et l'apparition de caractères particuliers ou de processus complémentaires.

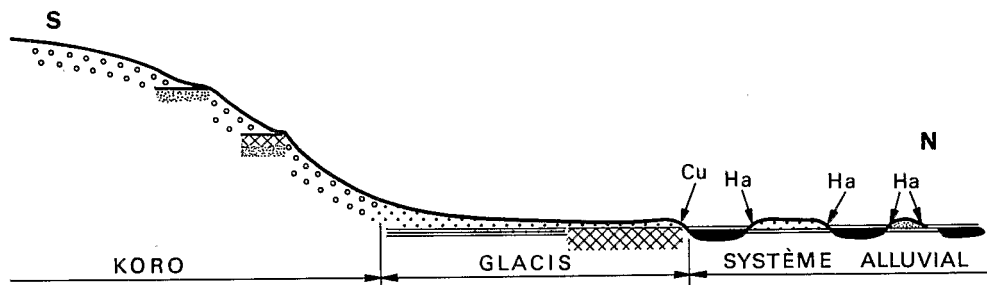
Dans les premiers, on doit citer l'existence de profils plus ou moins vertiques (NL 93 Ndam) surtout marqués en profondeur, avec en général présence de nodules calcaires dans le profil ; mais la différenciation superficielle reste essentiellement du type hydromorphe, et les caractères semblent plutôt hérités, caractérisant le matériau originel.

Dans les seconds, l'expression de processus de solodisation et du lessivage qui l'accompagne présente une fréquence et une importance assez considérables.

- Processus de solodisation et de lessivage

- Dans le profil NL 102 Niou, on observe une solodisation bien amorcée, déterminant en surface, sur 0-7 cm, un horizon lessivé à gley ; mais le phénomène est incomplet et l'horizon reste sablo-argileux.

COUPE SCHEMATIQUE N.S. À TRAVERS LES KOROS ET L'ENSEMBLE ALLUVIAL ANCIEN



Sols faiblement ferralliques



Sols ferrugineux tropicaux lessivés sans concrétions



Sols ferrugineux tropicaux lessivés sans concrétions avec cuirasse peu profonde



Sols ferrugineux tropicaux lessivés à pseudogley de profondeur



Plaines alluviales argileuses inondables (Sols hydromorphes à gley)



Localisation des phénomènes d'halomorphie



Localisation des phénomènes de cuirassement actuel possible



Grès du continental terminal



Cuirasse ferrugineuse ancienne



Schématisation des nappes

Fig. 15

La solodisation descend sur les faces des agrégats jusqu'à 26 cm, avec à 20 cm un niveau à colonnettes recouvertes d'une croûte de solodisation ; l'ensemble 7-26 cm est un pseudo-gley et sa base correspond au battement de la nappe, souligné par un niveau concrétionné, au sommet du gley immédiatement sous-jacent. A 65 cm, on observe un niveau de carbonatation.

La solodisation observée sur ce profil à gley de profondeur et pseudo-gley surmonté d'un gley de surface, peut être interprétée par un régime hydrique hypothétique qui ferait alterner une submersion temporaire suivie d'une décrue permettant le ressuyage de la partie supérieure du sol et après laquelle la concentration de la nappe pourrait s'effectuer et le lessivage superficiel se produire.

Ce profil, observé à faible distance d'une termitière correspond à un point légèrement surélevé de la plaine inondée par rapport au paysage environnant. Il apparaît en effet susceptible d'un drainage interne temporaire ; par ailleurs ce point haut constitue une zone de concentration de la nappe par évaporation. On a là un terme de passage aux solonetz solodisés hydromorphes décrits au chapitre précédent ; les rapports Na/T mesurés dans ce profil sont compris entre 5 et 7 %.

- Dans le profil NL 24 bis Dar Gandil situé à une cinquantaine de mètres de distance d'une termitière et qui présente un pseudo-gley compris entre un gley de surface et un gley de profondeur, on observe entre 55 et 80 cm de profondeur à la base du pseudo-gley, un niveau de solodisation autour des agrégats et en plages dans la masse ; à 70 cm et à la verticale des zones où ce phénomène est le plus net, on a un horizon de colonnettes discontinu. Dans le gley sous-jacent, on observe des dépôts nets d'argile. La solodisation de nappe s'installe ici à un niveau relativement profond du profil sans affecter les horizons sus-jacents. Les taux de sodium restent faibles dans ce profil, mais marquent un gradient net en rapport avec le niveau solodisé ; le Na/T maximum, observé dans le gley, est de 5 %.
- A 40 mètres de ce profil environ, le profil NL 24 Dar Gandil situé à proximité de la termitière, présente des phénomènes de solodisation qui envahissent le profil, localisés entre 55 et 170 cm de profondeur, irrégulièrement dispersés dans le profil avec des A2 atteignant plusieurs centimètres d'épaisseur, constituant localement des poches qui envoient un horizon de gley en très grosses colonnes.

L'intensité du phénomène est telle que malgré les caractères hydromorphes très nets, ce profil a été classé en sol halomorphe lessivé. Les taux de sodium maximum sont localisés dans le gley à partir de 105 cm de profondeur avec un rapport maximum Na/T encore voisin de 5 à 6 %.

Quand on considère dans ce cas l'intensité des phénomènes de solodisation, leur localisation dans le profil et les taux de sodium, on peut se

PROFIL NL83 TCHOURGOU

SOL HYDROMORPHE
MINÉRAL

- à engorgement d'ensemble
- : à gley de profondeur et solodisation de nappe
- : sur alluvion argilo-sableuse à recouvrement limoneux .

Noter la base des horizons lessivés blanchis et la structure colonnaire très grossière au sommet du niveau argileux solodisé.



Fig. 16

demander à nouveau si on a affaire à des processus entièrement actuels (cf étude de faciès solodisé des sols ferrugineux tropicaux lessivés au chapitre V).

- De même, la morphologie du profil NL 83 Tchourgou (figure 16) serait en partie héritée : on observe un niveau solodisé très développé entre 58 et 75 cm au sommet d'un gley structuré en très grosses colonnes (20 à 50 cm), avec un recouvrement subactuel limoneux. Le rapport maximum Na/T ne dépasse pas 3,5 %. On a vu dans les sols peu évolués, le profil NL 84 Tchourgou situé dans la même zone et dans lequel on observe le même niveau colonnaire à un mètre de profondeur sous un recouvrement beaucoup plus épais ; comme les horizons lessivés épais des sols ferrugineux tropicaux lessivés à faciès halomorphe solodisé, on doit considérer que ces recouvrements constituent un mulch limitant l'action actuelle des processus d'halomorphie.

c) Conclusions sur la pédogénèse des sols à hydromorphie d'ensemble

Les gley de profondeur sont tous assez semblables et correspondent à des conditions réductrices prolongées mais non permanentes ; sur tous les profils observés, on n'a rencontré qu'une nappe à faible profondeur (NL 49 Falgue), mais les horizons profonds restent toujours très humides et leur compacité ne permet pas leur réoxydation.

Les gley de surface sont d'une nature un peu différente : les produits organiques acides provenant de l'humification en conditions de mauvais drainage complexent le fer à l'état réduit et il semble que ces complexés présentent une relative stabilité vis-à-vis de conditions oxydantes ; ces conditions restent d'ailleurs modérées par suite de la dispersion des colloïdes qui participe à donner des assemblages compacts ; les gley traduisent cependant toujours des conditions d'anaérobiose nettes et correspondent à des submersions temporaires.

Les pseudo-gley qu'on observe souvent entre ces deux horizons de gley correspondent de la même façon à des saturations en eau temporaires mais les phénomènes de complexage jouent moins qu'en surface et l'engorgement est beaucoup moins prolongé qu'en profondeur, comme en témoignent les niveaux concrétionnés qui soulignent en général leur base et correspondent au battement de la nappe.

Dans les zones privilégiées où cette nappe peut se concentrer par évaporation à partir de points exondés, elle peut devenir alcaline ; la solodisation et le lessivage peuvent apparaître dans la mesure où l'horizon de pseudo-gley est alors ressuyé en permettant un drainage interne suffisant. Toutefois les manifestations de solodisation observées apparaissent souvent en partie héritées.

d) Caractères analytiques et aptitudes des sols à hydromorphie d'ensemble

La texture est variable mais l'alluvion proprement dite contient ordinairement de 35 à 45 % d'argile ; on dépasse rarement 50 %. La dominance est donc argileuse mais il existe des terres argilo-sableux. Les différences observées en surfaces peuvent être mises en rapport avec des amorces de lessivage, mais surtout avec des actions biologiques et parfois des recouvrements nets.

Les taux de matière organique des horizons superficiels sont compris entre 1 et 2 % ; ce sont des valeurs relativement faibles pour des horizons gleyifiés, et les C/N y sont en général assez bas, compris entre 12 et 17 ; analytiquement l'accumulation organique apparaît donc mal, et l'hydromorphie de surface se traduit surtout par une nette acidité - pH de 5,0 à 6,0 - pour des coefficients de saturation voisins de 60 %, descendant parfois à 40 %. Dans le cas de recouvrements limoneux (NL 127 Ndam - NL 83 Tchourgou), on peut observer des teneurs élevées de matière organique (8 % pour NL 83) mais correspondant alors ici à une forte désaturation (35 %).

Sous les horizons humifères, qu'il s'agisse de gley ou de pseudo-gley, on observe une désaturation très généralisée avec des pH pouvant exceptionnellement descendre en-dessous de 4,5 et des coefficients de saturation souvent inférieurs à 25 %.

Les horizons de gley profonds accusent une légère remontée de la saturation du complexe, allant jusqu'à la saturation totale dans certains sols solodisés avec carbonatation actuelle (NL 102 Niou). L'immobilisation du fer jugée par le rapport fer libre/fer total apparaît surtout dans les gley de surface, où cette valeur peut être inférieure à 0,40. Dans le reste des profils, on atteint fréquemment des rapports de 0,50 à 0,65.

Les taux de potasse échangeable sont plus élevés que dans les sols sableux, souvent supérieurs à 0,2 mé. % : ce sont des valeurs encore très moyennes. Ces sols restent carencés ou très médiocres en ce qui concerne les réserves phosphoriques.

Les indices structuraux sont en général mauvais, bien que la perméabilité puisse parfois être correcte en surface.

L'utilisation actuelle de ces sols à gley est très réduite ; ils sont seulement parcourus par les troupeaux en saison sèche. Le facteur limitant de leur exploitation est leur régime d'inondation.

La submersion est en effet trop prolongée dans la plupart des cas pour permettre une utilisation traditionnelle en sorgho de décrue. Leur vocation culturale est rizicole : cette plante est en particulier adaptée aux conditions de compacité, d'asphyxie et d'acidité superficielle qui peut réduire la nitrification. Ces sols sont assez pauvres et leurs taux de matière organique assez faibles mais ce n'est pas là un caractère limitant.

Les sols à recouvrement limoneux, plus riches en matière organique, conviendraient également très bien, leur texture étant suffisamment fine.

L'exploitation rizicole ne peut être envisagée sans aménagement hydraulique important, en dehors de très petits secteurs particuliers pouvant faire l'objet d'une culture artisanale. Dans un aménagement, certaines zones plus hautes pourraient être retenues pour du sorgho ou maïs de décrue avec possibilité d'irrigation d'appoint.

e) Répartition et cartographie de ces sols hydromorphes à gley

Ils ont été cartographiés en une seule unité, répartie en trois ensembles principaux :

- dans le sud de la carte, en dépression dans le Koros, une extension peu importante à l'est de Mouroungoulaye, sur alluvions dérivées directement du continental terminal.
- dans la moitié nord de la carte, rive gauche du Chari, l'ensemble de plaines basses commençant à la base des glacis et drainées par le système du Ba Illi.
- rive droite du Chari, les plaines inondables du système du Bahr Korkol.

L'extension totale représente 19 % environ de la surface totale de la carte en unité pure, et environ 2 % cartographiés en association avec des solonetz solodisés, dans le N.N.E. de la feuille.

Bien qu'aucune distinction cartographique n'ait été faite entre les différents types, on peut signaler certains détails de répartition :

- les sols à gley d'ensemble ont surtout été observés dans les dépressions du glacis du Massif de Niellim.
- les sols à caractères vertiques sont principalement localisés dans le système du Bahr Korkol et dans le nord-est du système du Ba Illi ; c'est également dans ces régions qu'on observe des solonetz solodisés hydromorphes actuels à horizons lessivés peu épais, localement cartographiés en association comme dans le nord-est du système du Ba Illi.
- partout ailleurs, les sols à gley de surface - pseudo-gley - gley de profondeur, sont dominants avec des phénomènes de solodisation par taches.

Le paysage végétal exprime assez fidèlement les conditions d'inondation : la savane herbeuse sans arbre ou avec quelques *Bauhinia reticulata* et la savane arborée claire traduisent les conditions d'inondation les plus sévères. La savane claire à Combretacées avec *Tamarindus indica* et des Acacias correspond à une submersion moins prolongée en même temps qu'à l'assèchement général du climat dans le nord de la carte. A la végétation en flots coiffant les points hauts tels que d'anciennes termitières, correspond en général la localisation d'auréoles de solodisation.

Troisième Partie

CONCLUSIONS GÉNÉRALES

LES PROCESSUS DE PÉDOGÉNÈSE ET LEUR RÉPARTITION

Il ressort de l'étude monographique des sols de cette feuille Niellim, que cinq classes principales de sols sont représentées avec des importances relatives différentes :

- Les sols faiblement ferrallitiques (32 % de la surface de la carte)
- Les sols ferrugineux tropicaux lessivés (38 %)
- Les sols hydromorphes (22 %)
- Les vertisols (2 %)
- Les sols halomorphes (3,5 %).

Ceci en laissant de côté les sols peu évolués, dont il convient pourtant de souligner ici, qu'ils sont fortement marqués par des processus d'hydromorphie ; on est en quelque sorte à la limite zonale d'existence de ces sols, en rapport avec le climat relativement humide et le régime hydrologique du modelé alluvial.

Les grandes caractéristiques des unités de sols étudiés peuvent être rapidement formulées de la manière suivante :

- Les sols faiblement ferrallitiques proviennent d'une altération ancienne ; ils apparaissent climatiquement déphasés par rapport aux conditions actuelles, et présentent un faciès dégradé superficiellement. On a pu constater que la destruction du couvert végétal forestier naturel, lui-même en équilibre climatique instable, accélère ce phénomène de dégradation qui peut être considéré comme un faciès de savane. Toutefois ce faciès est très généralisé et on l'a observé même sous les formations végétales les plus proches du type forêt sèche à légumineuses.

Bien que par certains côtés cette différenciation présente pour le moins une convergence de forme avec un début d'évolution de type ferrugineux tropical, on n'a pu absolument démontrer qu'il s'agissait d'une telle phase évolutive.

On observe bien dans ces sols correspondant à une altération ferrallitique, de très fortes proportions de fer libre par rapport au fer

total (80 à 90 %), mais les migrations caractérisant les sols ferrugineux tropicaux ne se produisent pas ainsi. La liaison stable du fer et de l'argile typique des sols faiblement ferrallitiques, apparaît conservée, hormis les seuls horizons tout à fait superficiels dégradés. On a là un exemple de l'hystérésis d'un processus pédogénétique qui a différencié un profil suivant des caractéristiques physiques et chimiques qui entretiennent un pédoclimat analogue au-delà des conditions du processus lui-même. Le très bon drainage profond de ces sols faiblement ferrallitiques, lié à leur structuration, apparaît ici déterminant.

- Les sols ferrugineux tropicaux lessivés présentent une grande variété.

. Les sols sans concrétions ont cette caractéristique d'être développés sur des matériaux originels largement marqués par des pédogénèses anciennes également dues au climat ancien plus humide.

Les uns sont développés sur des matériaux issus du continental terminal dont l'originalité essentielle est de présenter des caractéristiques des sols faiblement ferrallitiques concernant en particulier la structuration évoquée plus haut. L'observation permet de constater dans ces profils une limitation du drainage en général profonde, mais lorsqu'on se rappelle que sous le climat actuel, ces sols peuvent être mouillés jusqu'à 4 et 5 mètres de profondeur, il semble bien que cette variation du pédoclimat en rapport avec leur position dans le modelé (cf planche 9) soit déterminante. A ces conditions correspond également une modification de la végétation vers une savane à combretacées et donc de la nature de la matière organique qui peut favoriser le lessivage.

. Les sols sans concrétions sur matériaux avec cuirasse peu profonde correspondent également à un drainage limité à une profondeur en général assez grande. Dans ces produits déjà fortement ferruginisés, le fer et l'argile sont lessivés, mais le matériau d'accueil constitué par la cuirasse où se réalise l'accumulation actuelle est trop poreux pour que ne se produise un colmatage et une redistribution du fer en concrétions.

. Dans les sols ferrugineux tropicaux lessivés à pseudo-gley de profondeur, les profils sont profondément différenciés et le lessivage intense. Dans les quelques cas où on n'observe pas de pseudo-gley ou seulement tout à la base des profils, les horizons d'accumulation sont colmatés et le fer redistribué en concrétions. Mais très généralement, par suite de l'imperméabilité du matériau originel et de la position de ces sols dans un modelé alluvial plat, des nappes perchées s'installent à la base de ces profils, en rapport plus ou moins direct avec les nappes libres des dépressions inondées environnantes. Ainsi aux processus de ferruginisation et de lessivage du fer et de l'argile s'ajoutent dans les horizons d'accumulation, des actions d'hydromorphie qui s'expriment suivant des séquences de ségrégations constantes dans les profils, reflet du régime d'engorgement. A ces actions de nappe correspond en général un passage tranché entre les horizons lessivés et les horizons d'accumulation, tandis que localement

en bordure des zones inondables, on note la présence de faciès solodisés, mais qu'on a été amené à considérer comme au moins partiellement hérités.

- Les sols hydromorphes présentent également une grande diversité. Une distinction s'impose toutefois, en considérant les sols temporairement inondés et les sols exondés.

. Ces derniers dérivent directement des sols ferrugineux tropicaux lessivés à pseudo-gley de profondeur, par une remontée de l'hydromorphie dans le profil ; ils présentent en général des horizons superficiels lessivés. Ils résultent des mêmes processus : ferruginisation, lessivage et immobilisation des sesquioxydes au gré d'alternance de conditions réductrices et oxydantes ; les conditions de drainage résultant de l'imperméabilité du matériau et de la position dans le modelé définissent dans ces sols l'importance relative et la position des horizons correspondant à ces différents processus.

. Dans les sols temporairement inondés, l'hydromorphie intéresse le profil entier. Le processus mis en jeu affecte essentiellement les sesquioxydes qui sont soumis à des migrations, et des redistributions internes avec immobilisation en rapport avec le régime hydrique des sols. Aux conditions réductrices prolongées de la partie inférieure des profils correspondent des gley ; le régime alterné de conditions réductrices en période d'inondation et de conditions oxydantes plus longues à la partie supérieure des profils peut déterminer des pseudo-gley. Ordinairement des gley de surface s'observent dans ces sols inondés, qu'on peut attribuer à des complexes relativement stables entre matière organique et fer ferreux.

Dans ces sols hydromorphes, les phénomènes de néosynthèse argileuse sont rares ou inexistantes. Ce processus nécessite en effet des solutions silicatées riches en cations bivalents, que ne sont en mesure de fournir ni les matériaux anciennement ferrallitisés et très lessivés des zones hautes du Sud dont sont en partie issues les eaux d'inondations, ni les alluvions argileuses anciennes, elles-mêmes issues plus ou moins directement du continental terminal et toujours relativement désaturées.

Les néosynthèses argileuses se produisent dans les argiles récentes du système du Chari, d'une origine tout à fait différente, exprimée dans les alluvions par la présence de minéraux non altérés (micas en particulier). A ce processus pédogénétique correspondent des vertisols : mais le régime d'inondation prolongé en rapport avec le climat humide, fait que tous les vertisols sont marqués de traces d'hydromorphie intense, déterminant en particulier des ségrégations de sesquioxydes allant jusqu'à des gley superficiels.

Dans les alluvions anciennes, on a observé quelques cas de soils vertiques dans des zones relativement surélevées par rapport au réseau général d'inondation, mais il s'agit plutôt encore ici d'un caractère hérité affectant les matériaux à nodules calcaires.

Les phénomènes d'halomorphie actuels sont localisés aux bordures des zones d'inondation qui correspondent aux zones de concentration des nappes par évaporation. Ceci explique l'extension restreinte et la répartition très dispersée des sols halomorphes qui correspondent aux positions limites permettant, en fonction du modelé alluvial et de ses accidents, du régime d'inondation et du climat, la migration et l'immobilisation dans les sols des corps les plus solubles, essentiellement sodium et carbonates. La richesse des nappes en ces éléments, déterminée par l'origine des eaux et la nature des alluvions importe elle-même beaucoup : les sols halomorphes les mieux caractérisés du point de vue morphologique et analytique sont localisés dans les alluvions récentes du Chari associés aux vertisols.

Dans les alluvions anciennes, les sols halomorphes typiques et dont l'actualité n'est pas douteuse, correspondent à des liserés étroits autour des zones d'inondation, tandis que les faciès halomorphes observés en sols ferrugineux tropicaux lessivés et les phénomènes d'halomorphie de nappe rencontrés localement au sommet des gley profonds des sols hydromorphes, sont au moins partiellement hérités ; leur localisation correspond cependant à des phénomènes anciens comparables de concentration des nappes.

Les processus pédogénétiques qui agissent dans les sols halomorphes sont nombreux : avant tout, c'est l'alcalisation du complexe et sa dégradation par hydrolyse en milieu alcalin ou solodisation. Parallèlement à la concentration du sodium qui se fixe sur le complexe, il se produit en général une concentration des carbonates. Un lessivage intense affecte les argiles sodiques et les produits solubles issus de la solodisation et les sols qui résultent de cet ensemble de processus sont toujours du type solonetz solodisé. A leur "origine hydromorphe" par concentration des nappes est associée la présence constante dans les profils de caractères liés à l'engorgement avec ségrégations des hydroxydes libérés, horizons de gley, etc.

Il ressort de ce rapide examen, l'importance d'un certain nombre de processus climatiques dans l'évolution des sols de cette feuille Niellim : ce sont essentiellement l'individualisation des sesquioxydes et plus spécialement la ferruginisation, le lessivage de l'argile et du fer, avec immobilisation de ce dernier. Les phénomènes de néosynthèse sont localisés ; mais même en dehors des conditions de matériaux qui en limitent l'extension, les régimes hydriques et les régimes d'inondation, eux-mêmes sous la dépendance directe du climat, font que les processus d'hydromorphie présentent une importance relative plus considérable et une plus grande généralité. Enfin, également liés aux régimes hydrologiques des sols, les phénomènes d'alcalisation et de solodisation associés au lessivage et à la carbonatation, peuvent être très intenses, même s'ils sont restreints.

Mais il ressort également pour la répartition de ces processus climatiques que la nature et les caractéristiques des matériaux originels et le façonnement du modelé sont les facteurs déterminants de leur localisation. Or ces deux caractères sont apparus hérités d'un passé géologique récent qui a séparé la région en grandes unités géomorphologiques tranchées correspondant à des matériaux en général très évolués.

Il s'ensuit que ces actions anciennes sont en définitive à l'origine de la répartition des sols de cette région. Dans certains cas, les caractères des sols eux-mêmes sont hérités de pédogénèses plus humides et en grande partie conservés dans les conditions actuelles, comme pour les sols faiblement ferrallitiques par exemple.

L'UTILISATION DES SOLS

En plus des propriétés des sols étudiés dans ce rapport, leur utilisation est largement déterminée par les caractères du milieu comme le climat et les conditions édaphiques, auxquels doivent être adaptées les plantes cultivées et les techniques culturales.

I - CONDITIONS GÉNÉRALES ET PARTICULIÈRES DU MILIEU

Le climat présente une pluviométrie élevée (1.000 à 1.100 mm) répartie en une seule saison des pluies de 7 mois dont 4 mois très arrosés. Ceci permet une large gamme de cultures sèches annuelles, et en particulier celles parmi les plus exigeantes en eau et présentant un cycle végétatif assez long comme le coton et le sorgho. Toutefois une seule saison de culture reste possible en dehors d'irrigation d'appoint.

Le régime d'inondation des grandes dépressions constitue le facteur déterminant de l'utilisation des sols inondés. Or ce régime est relativement mal connu quant à sa hauteur et sa régularité. On sait seulement que l'inondation est dans la majorité de cas assez longue : 4 à 5 mois, d'août à novembre-décembre. Cette décrue tardive limite en particulier les cultures de décrue dont le cycle devrait se poursuivre trop avant dans la saison sèche et très chaude. Enfin le réseau inondé se caractérise par son ampleur générale qui limite les possibilités d'aménagement local.

La profondeur des nappes détermine les conditions de l'implantation humaine et les possibilités d'irrigation. Ainsi en dehors des talwegs et de leur bordure, les Koros constituent des zones inhabitées. Partout ailleurs les nappes sont assez peu profondes pour permettre l'installation humaine, mais trop profondes pour envisager une irrigation économique. Il y a exception dans deux situations : au voisinage des grands axes du réseau hydrographique et dans certaines zones inondables. Si ce dernier cas présente peu d'intérêt dans les conditions actuelles, cette possibilité d'irrigation alliée à des aménagements hydro-agricoles pourrait permettre, dans certains sites, une deuxième culture en décrue, avec irrigation d'appoint en fin de cycle.

II - LES GRANDES UNITÉS DE SOLS : LEUR IMPORTANCE RELATIVE ET LEUR UTILISATION ACTUELLE

La cartographie pédologique permet de distinguer dans la feuille Niellim un certain nombre de régions :

- . la zone des Koros constituée en majeure partie de sols faiblement ferrallitiques associés à des sols ferrugineux tropicaux lessivés dans les points bas et sur les glacis, représente environ 49 % de la surface de la carte.
- . les deux grands ensembles alluviaux anciens drainés respectivement par le Ba Illi et le Bahr Korbol présentent de grandes unités de sols ferrugineux tropicaux lessivés séparés par un réseau de dépressions inondables, et couvrent environ 42 % de la surface de la carte.
- . le système d'alluvions récentes du Chari, constitué d'une association de vertisols, sols hydromorphes et solonetz solodisés, ne représente que 4,5 % de la surface de la carte.
- . le massif de Niellim, son piedmont de sols peu évolués et de sols ferrugineux tropicaux lessivés sur sables rouges et son glacis cuirassé constituent seulement 2,5 % de la superficie totale.
- . enfin les alluvions actuelles et subactuelles localisées dans la vallée du Chari et suivant certains axes du réseau hydrographique du Ba Illi, ont été cartographiés pour 2 % de la surface de la carte environ.

Les grandes unités pédologiques elles-mêmes occupent approximativement les surfaces suivantes :

Unités de sols	Superficie approximative en hectares	Pourcentage arrondis de la surface totale
. Sols rouges faiblement ferrallitiques	385 000	32 %
. Sols ferrugineux tropicaux lessivés sans concrétions, profonds	80 000	6,5 %
. Sols ferrugineux tropicaux lessivés sans concrétions, avec cuirasse peu profonde	25 000	2 %
. Sols ferrugineux tropicaux lessivés à pseudo-gley de profondeur	350 000	29 %
. Sols hydromorphes exondés, lessivés en surface	30 000	2,5 %
. Sols hydromorphes inondés	260 000	20 %
. Solonetz solodisés hydromorphes	45 000	3,5 %
. Vertisols hydromorphes	25 000	2 %
. Sols peu évolués hydromorphes sur alluvions	25 000	2 %
. Massif de Niellim et arènes granitiques	2 000	0,15 %

L'utilisation actuelle de ces sols est réduite :

- . Seuls les sols ferrugineux tropicaux sont cultivés, de façon dispersée en fonction de la densité de population, mais systématique. Ils sont exploités en coton et sorgho, suivi de manioc, patate douce, parfois arachide, avant un retour à la jachère. Sont inclus dans le même système de culture les sols hydromorphes exondés lessivés et la base des sols rouges faiblement ferrallitiques dominant immédiatement les sols ferrugineux tropicaux lessivés dans les Koros.
- . La plus grande partie de ces sols rouges reste toutefois totalement inexploitée parce qu'inhabitée. Les troupeaux ne l'utilisent pas non plus, la transhumance s'arrêtant au nord des Koros pour des raisons sanitaires (trypanosomiasis).
- . On observe quelques cultures de sorgho de décrues sur des surfaces restreintes de vertisols, des cultures vivrières sur des sols jeunes sur alluvions ; la riziculture est extrêmement réduite. L'ensemble des zones inondées et les autres unités de sols moins importantes sont seulement soumis au pâturage extensif des troupeaux transhumant en saison sèche.

III - VOCATIONS DES GRANDES UNITÉS DE SOLS ET CONDITIONS D'UTILISATION DES SOLS CULTIVABLES

- Un certain nombre de ces unités de sols ont effectivement une vocation forestière ou pastorale.
 - . Les sols ferrugineux tropicaux lessivés avec cuirasse peu profonde, fragiles, sensibles à l'érosion et dont le potentiel est limité.
 - . Les solonetz solodisés qui supposeraient pour être cultivés, une amélioration profonde et des techniques culturales modernes et coûteuses, qui semblent hors de proportion avec les faibles surfaces mises en jeu et leur dispersion.
- Un certain nombre d'unités pourrait être utilisé à condition de modifier certaines conditions actuelles, ou d'être aménagé.
 - . Les sols hydromorphes inondés sur alluvions argileuses ont une vocation rizicole certaine, mais nécessiteraient des aménagements hydro-agricoles.
 - . Les sols rouges faiblement ferrallitiques pourraient être utilisés en culture sèche à base de coton-sorgho, si l'implantation humaine était réalisée.
- Les principales unités de sols cultivées sont effectivement exploitées suivant leur vocation culturelle comme les sols ferrugineux tropicaux profonds et les vertisols. Par contre dans les vallées, sur les sols peu

évolués, on pourrait largement développer certaines cultures maraîchères et fruitières en utilisant, suivant les nécessités et les possibilités; une irrigation d'appoint.

Encore convient-il de rappeler brièvement pour ces principaux sols cultivés et cultivables, les conditions de leur utilisation qui découlent de leurs caractères propres.

- Les sols peu évolués

Leur diversité liée à leur texture et leurs conditions de drainage, détermine des vocations également variées (cf 2e partie Chap. I). Ils présentent tous cependant une propriété commune en rapport avec leur faible évolution qui leur confère une fragilité et une instabilité dont la mise en valeur doit tenir compte ; elle doit en particulier viser à maintenir un stock organique suffisant, surtout dans les sols sableux. Dans les sols les plus argileux et aussi les plus marqués par l'hydromorphie, ce caractère de fragilité est moins accentué. Ces sols peu évolués présentent dans leur ensemble une relative richesse chimique, en particulier dans la Vallée du Chari, en rapport avec la nature et les réserves des alluvions.

- Les sols ferrugineux tropicaux

Au point de vue implantation des racines et régime hydrique, leur profil textural est déterminant : les horizons lessivés sont en effet sableux, facilement pénétrables, mais leur capacité de rétention pour l'eau est faible ; les horizons d'accumulation, outre qu'ils présentent une richesse chimique plus grande, constituent des réserves d'eau.

Dans les sols sans concrétions, où le profil textural est progressif, les systèmes racinaires pénétreront facilement et utiliseront au mieux les réserves du sol. Par contre, dans les sols à pseudo-gley profond, où le passage entre horizons lessivés et horizons d'accumulation est tranché, les racines franchiront difficilement cette discontinuité et les horizons d'accumulation seront mal utilisés ; par ailleurs une plante comme le coton les utilisera d'autant moins qu'ils sont engorgés. Dans ces sols toutefois, les horizons lessivés sont suffisamment épais pour stocker une quantité d'eau qui permette de supporter les courtes périodes sèches survenant pendant la saison des pluies en année normale ; mais on prendra soin d'effectuer des semis précoces pour éviter les risques de sécheresse en cas de fin de saison pluvieuse déficitaire.

Dans les sols hydromorphes lessivés, des considérations analogues font qu'avec un pseudo-gley peu profond, le cotonnier exploitera très mal ces sols qui doivent plutôt être réservés au sorgho.

Dans les sols ferrugineux tropicaux, le maintien de la fertilité suppose la conservation de l'horizon humifère et sa régénération périodique.

A cela il y a une raison structurale : la matière organique est en effet le facteur d'agrégation essentiel qui maintient une perméabilité suffisante et limite le ruissellement en nappe. Il y a aussi des raisons chimiques : l'humus confère aux horizons superficiels des capacités d'échange doubles ou triples des horizons lessivés sous-jacents et permet donc un stockage de bases disponibles ; enfin ces sols dont les réserves sont pauvres doivent pour une part leur fertilité à une minéralisation très active, qui libère en particulier de l'azote utilisable. Le maintien et la régénération de l'horizon humifère peut être obtenu par la simple jachère herbacée protégée du feu, tandis que la reconstitution d'un stock de bases à partir des horizons profonds suppose une strate arbustive à enracinement profond.

Dans le système traditionnel, ceci suppose donc un retour à une jachère d'au moins trois ans, après deux ou trois ans de culture. Dans ces conditions, les réserves faibles de ces sols en acide phosphorique et potasse peuvent être facilement corrigées par la simple utilisation de fumier. Tout passage à un système d'exploitation intense avec suppression de la jachère arbustive doit comporter des apports organiques avec un appoint minéral équilibré.

Il est bon de rappeler ici l'importance considérable des sols ferrugineux tropicaux sur la feuille de Niellim, et dont une faible partie seulement est cultivée, surtout dans le système alluvial : dans ces conditions une augmentation de production peut être d'abord envisagée par une extension des surfaces cultivées avec une rotation basée sur la jachère ; dans les sols ferrugineux tropicaux de la zone des Koros, où les surfaces disponibles sont plus faibles et la population dense, des mesures de conservation et de régénération s'imposent déjà de façon plus aiguë.

- Les sols faiblement ferrallitiques

Sous végétation naturelle, ils présentent un stock organique convenable et un horizon humifère assez bien saturé, tandis que leur profil textural progressif permet une bonne implantation des systèmes racinaires et leur confrère un profil hydrique très favorable.

Les caractéristiques superficielles de ces sols sont proches de celles des sols ferrugineux tropicaux et leur vocation analogue. Leur exploitation pose les mêmes problèmes, mais de façon plus nette encore : en effet, leur structure superficielle au départ plus favorable qu'en sols ferrugineux tropicaux, présente une tendance nette à la dégradation que la mise en culture accélère. Par ailleurs, le lessivage en bases est plus intense et plus profond et la reconstitution d'un stock superficiel est donc plus difficile à obtenir en l'absence d'apport.

- Les sols hydromorphes

Leurs caractères pédologiques indiquent nettement une vocation rizicole : leur texture fine, leur compacité, leur imperméabilité et leur acidité superficielle sont tout à fait compatibles avec cette utilisation. L'accumulation organique superficielle est assez faible, mais la riziculture pourrait améliorer par elle-même cette caractéristique. Enfin les taux d'acide phosphorique et de potasse sont un peu plus élevés que dans les deux types de sols précédents, mais risquent encore de constituer rapidement un facteur limitant facile à corriger par des apports chimiques.

La maîtrise de l'eau reste le facteur actuellement déterminant ; elle suppose une connaissance préalable plus précise des régimes d'inondation avant l'aménagement hydro-agricole.

B I B L I O G R A P H I E

- AUBERT (G.) - 1964 - La classification des sols utilisés par les pédologues français en zone tropicale ou aride. Sols Afr. , vol. IX , n°1 , pp. 97-105.
- AUBREVILLE (A.) - 1950 - Flore forestière soudano-guinéenne (AOF-Cameroun-AEF) Soc. Ed. géogr. maritime coloniale, Paris, 523 p. fig., talb., bibliogr;
- AUDRY (P.) - 1965 - Carte pédologique de reconnaissance au 1/200.000e de la République du Tchad - Feuille Am Timan. O.R.S.T.O.M., Fort-Lamy , 3 fasc. , 96 p. multigr. ; anne. , carte h.t.
- AUDRY (P.) - 1965 - Résultats agronomiques relatifs à la campagne de coton 1964 sur les sols rouges faiblement ferrallitiques de Déli. - Premiers résultats partiels d'une étude d'évolution comparée des sols au Tchad. Colloque OUA/STRC sur la conservation et l'amélioration de la fertilité des sols - Khartoum, 8 - 12 nov. 1965 ; 14 p. multigr. , fig. , bibliogr..
- BOCQUIER (G.) - AUDRY (P.) - BARBERY (J.) - 1964 - Carte pédologique de reconnaissance au 1/200.000e de la République du Tchad - Feuille Am Dam - O.R.S.T.O.M., Fort - Lamy , 3 fasc. , 38 p. multigr. , anne. , carte h.t. h. t.
- BOCQUIER (G.) - 1964 - Présence et caractères de solonetz solodisés tropicaux dans le bassin tchadien. Congr. Int. Sci. Sol. 8.1964. Bucarest - Vol. V., pp. 687-695.
- BOCQUIER (G.) - BARBERY (J.) - 1965 - Carte pédologique de reconnaissance au 1/200.000e de la République du Tchad - Feuille Singako. O.R.S.T.O.M., Fort-Lamy, 3 fasc. , 125 p. multigr. , anne. , carte h.t.
- BOUTEYRE (G.) - 1961 - Etude pédologique du paysannat de Talia. O.R.S.T.O.M., Fort-Lamy, 15 p. multigr., fig., carte, tabl.
- BOUTEYRE (G.) - 1963 - Etude pédologique au 1/200.000e de la région du Logone et du Moyen Chari entre Logone et Bahr Sara. O.R.S.T.O.M., Fort-Lamy , 71 p. multigr. , bibliogr. , 2 cart. h.t.

- DABIN (B.) - 1961 - Les facteurs de fertilité des sols des régions tropicales en culture irriguée. Bull. Ass. fr. Et. Sol, n° spécial, pp. 108-130, graph., bibliogr.
- D'HOORE (J.L.) - 1964 - La carte des sols d'Afrique au 1/5.000.000e - Mémoire explicatif. CCTA, publ., n° 93. Lagos, 209 p., cart. h.t.
- DOMMERCUES (Y.) - 1960 - Un exemple d'utilisation des techniques biologiques dans la caractérisation des types pédologiques. Agron. Trop., vol. XV, n° 1, pp. 61-72.
- DOMMERCUES (Y.) - 1963 - Les cycles biogéochimiques des éléments minéraux dans les formations tropicales. Bois Forêts Trop., n° 87, pp. 9-25, tabl. bibliogr.
- FOURNIER (F.) - 1958 - Etude de la relation entre l'érosion du sol par l'eau et les précipitations atmosphériques. Thèse O.R.S.T.O.M., Paris, 328 p., multigr., fig., tabl., bibliogr.
- GERARD (G.) - 1958 - Notice explicative de la carte géologique de l'Afrique Equatoriale Française au 1/2.000.000e. Impr. typograph. Ed., Paris, 198 p., bibliogr., cart., h.t.
- GRONDARD (A.) - 1964 - La végétation forestière au Tchad. Bois Forêts Trop., n° 93, pp. 15-34, fotogr., cart.
- MAIGNIEN (R.) - 1960 - Influences anciennes sur la formation, l'évolution et la répartition des sols en Afrique de l'Ouest. Congr. Int. Sci. Sol. 7.1960. Madison, vol. IV, pp. 171-176, bibliogr.
- MAIGNIEN (R.) - 1961 - Sur les sols d'argiles noires tropicales d'Afrique Occidentale. Bull. Ass. fr. Et. Sol, n° 8, pp. 131-144, bibliogr.
- MAIGNIEN (R.) - 1961 - Le passage des sols ferrugineux tropicaux aux sols ferrallitiques dans les régions sud-ouest du Sénégal. Sols Afr., vol. 6, n° 2-3, pp. 113-228.
- MARIUS (C.) - 1962 - Etude pédologique de la feuille au 1/200.000e Fort-Archambault. O.R.S.T.O.M., Fort-Lamy, 61 p. multigr., bibliogr., carte h.t.

- PIAS (J.) - BARBERY (J.) - 1962 - Notice sur les cartes pédologiques de reconnaissance au 1/200.000e - Feuille de Miltou. O.R.S.T.O.M., Fort - Lamy, 111 p. multigr., bibliogr., carte h. t.
- TURC (L.) - 1961 - Evaluation des besoins en eau d'irrigation ; évapotranspiration potentielle - Formule climatique simplifiée. Ann. agron., vol. 12, n° 1, pp. 13-49.
- U. S. D. A. - 1960 - Soil classification - A comprehensive system - 7 th approximation. U.S.D.A., Washington, 265 p., fig.

O.R.S.T.O.M.

Direction générale :

24, rue Bayard, PARIS-8^e

Service Central de Documentation :

70-74, route d'Aulnay, 93-BONDY

Centre de Fort-Lamy :

B.P.65 - FORT-LAMY (Rép. du Tchad)

CARTE PÉDOLOGIQUE DE RECONNAISSANCE DE LA RÉPUBLIQUE DU TCHAD

NIELLIM

P. AUDRY P. POISSOT

OFFICE DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE
OUTRE-MER
CENTRE O.R.S.T.O.M. DE FORT-LAMY

RÉPUBLIQUE DU TCHAD
MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE
ET DES EAUX ET FORÊTS
DIRECTION DE L'AGRICULTURE

L É G E N D E

SOLS MINÉRAUX BRUTS
D'ORIGINE NON CLIMATIQUE
D'ÉROSION
LITHIQUES

Sur granites

SOLS PEU ÉVOLUÉS
D'ORIGINE NON CLIMATIQUE
D'APPORT
MODAUX

Sur arènes granitiques

HYDROMORPHES

Sur alluvions limoneuses en surface

Sur alluvions récentes et actuelles de texture variée

VERTISOLS

VERTISOLS HYDROMORPHES
LARGEMENT STRUCTURÉS DÈS LA SURFACE
A GLEY DE SURFACE

Sur alluvions argileuses

**SOLS A SESQUIOXIDES (FORTEMENT INDIVIDUALISÉS
ET A HUMUS A DÉCOMPOSITION RAPIDE)**
SOLS FERRUGINEUX TROPICAUX

LESSIVÉS

SANS CONCRÉTIONS

Sur matériaux argilo-sableux dérivés du Continental Terminal

Sur matériaux avec ancienne cuirasse ferrugineuse à faible profondeur

Sur matériaux rouges dérivés de granites.

A PSEUDOGLEY PROFOND (PASSAGE LOCAL A DES SOLS HYDROMORPHES A PSEUDOGLEY OU GLEY DE PROFONDEUR ET HORIZONS SUPÉRIEURS LESSIVÉS)

Sur matériaux argilo-sableux dérivés du Continental Terminal et sur alluvions argilo-sableuses à sablo-argileuses

Sur alluvions argilo-sableuses à sablo-argileuses

SOLS FERRALLITIQUES

SOLS FAIBLEMENT FERRALLITIQUES
MODAUX (TRÈS SOUVENT DÉGRADÉS)

Sur matériaux argilo-sableux du Continental Terminal

SOLS HALOMORPHES

A STRUCTURE MODIFIÉE

LESSIVÉS A ALCALIS
SOLONETS SOLIDISÉS HYDROMORPHES

Sur alluvions argileuses à argilo-sableuses

SOLS HYDROMORPHES

MINÉRAUX

A HYDROMORPHIE D'ENSEMBLE
A GLEY (LOCALEMENT AVEC HALOMORPHIE DE NAPPE)

Sur matériaux argilo-sableux à argileux, alluviaux ou dérivés du Continental Terminal

A PSEUDOGLEY OU GLEY DE PROFONDEUR
LESSIVÉS EN ARGILE DANS LES HORIZONS SUPÉRIEURS

Sur alluvions argilo-sableuses à sablo-argileuses

ASSOCIATIONS DE SOLS

Sols Ferrugineux Tropicaux lessivés à pseudogley profond
Sols à hydromorphie de profondeur lessivés dans les horizons supérieurs

Sur alluvions argilo-sableuses à sablo-argileuses

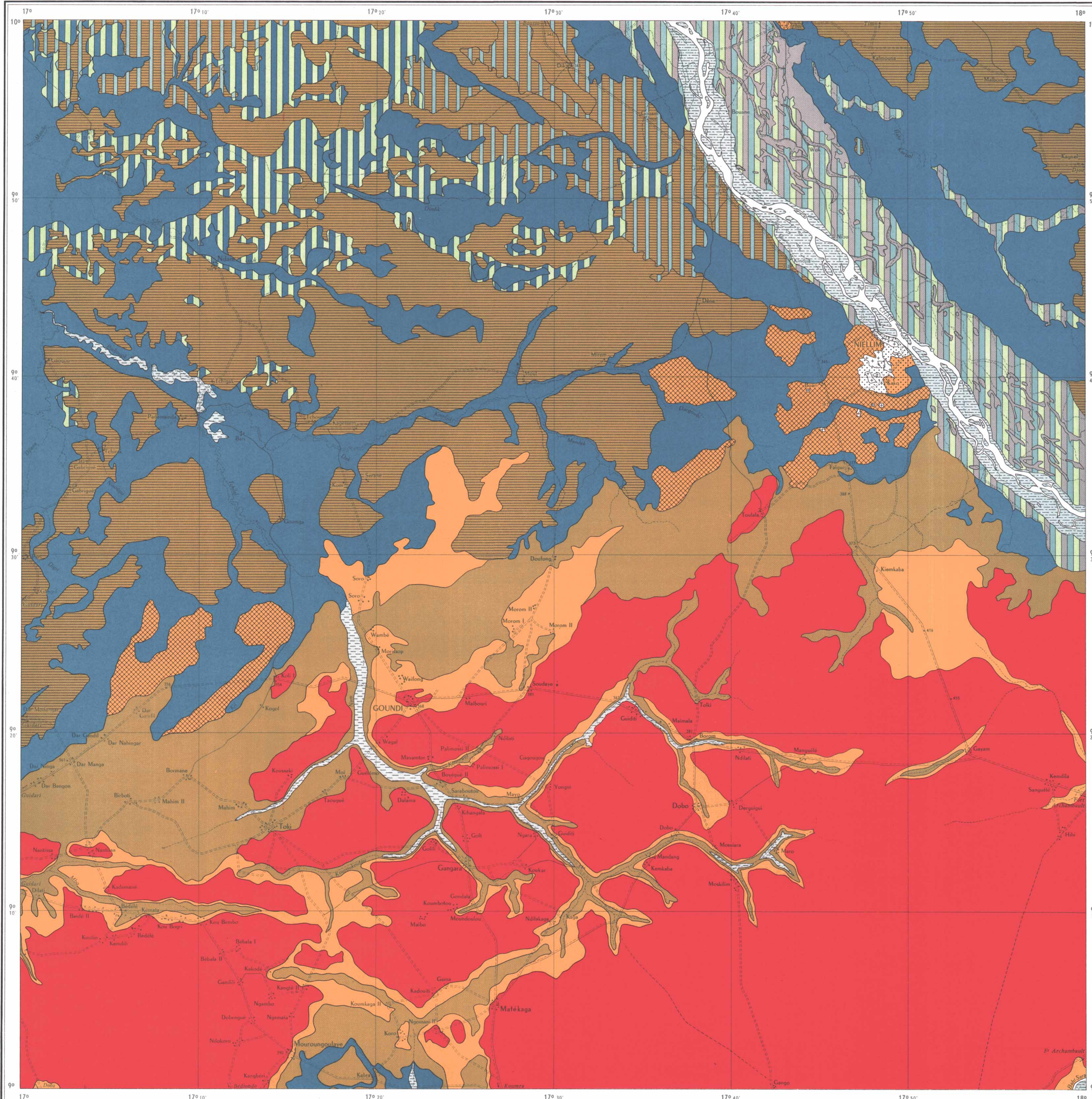
Vertisols Hydromorphes
Solonetz Solidisés Hydromorphes
Sols à Hydromorphie de profondeur lessivés dans les horizons supérieurs

Sur alluvions

Solonetz Solidisés Hydromorphes
Sols à Hydromorphie d'ensemble

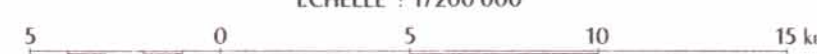
Sur alluvions argileuses à argilo-sableuses

Unité figurant uniquement en association



Fonds topographiques de l'I.G.N. au 1/200.000
Feuille NC - 55 - XII

ECHELLE : 1/200 000



Service cartographique de l'ORSTOM - 1966
Imprimé par la SFN III DE CARTOGRAPHIE - Paris